The Natural History of Canada's North: Current Research

L'Histoire Naturelle du Nord Canadien: Recherche Actuelle

Prince of Wales
NORTHERN HERITAGE CENTRE
Occasional Paper No. 3
Journal Occasionnel No. 3

THE NATURAL HISTORY OF CANADA'S NORTH: CURRENT RESEARCH

Carolynn Kobelka
Christopher Stephens

General Editors

Occasional Papers of the
Prince of Wales Northern Heritage Centre

No. 3

1988

Prince of Wales Northern Heritage Centre
Yellowknife, N.W.T.

92-00944/

Published under the authority of:

The Honourable Titus Allooloo
Minister
Culture and Communications

Editor: Rosemary Allerston

ISBN 0-7708-3846-4
ISSN 0831-4764

Contents

Foreword 5

Introduction 8

Summaries in Inuktitut 11

Sinkholes, Swallow Holes and Sunken Valleys:
The Gypsum Karstlands of Wood Buffalo National Park
John A. Brophy 17

Amphibians and Reptiles in the Northwest Territories
Karl W. Larsen and Patrick T. Gregory 31

Waterfowl of the Northwest Territories:
The Extent and Management of a World Class Resource
Robert G. Bromley 53

Climate, Vegetation and Resources in Southern Baffin Island
John D. Jacobs 75

Food from the Northern Land:
The Potential for Small-Scale Food Production in Arctic Canada
W. Raymond Cummins, Bonnie M. Bergsma,
Mark J. Romer and Josef Svoboda 93

FOREWORD

The heritage division of the territorial government is 16 years old. The territorial museum, the Prince of Wales Northern Heritage Centre, celebrates its ninth anniversary this year. These research papers on natural history comprise the third volume of the Occasional Paper Series.

The above facts are signs of achievement and growth. In 1972, when the territorial museum policy received legislative approval, a need arose for a professional facility to radiate museum and archival services throughout the Northwest Territories. Seven years later, the Prince of Wales Northern Heritage Centre commenced operations as the north's heritage agency. The collecting of artifacts, and written and illustrated documents grew significantly, at the rate of 15 000 per year. Fine art, books, photographs, historic artifacts, ethnographic and archaeological materials, and natural history specimens were accessed by active archives and curatorial programs. The ancillary functions of preserving and interpreting these precious items developed at a similar pace. An archaeology program protected, rescued and researched the sometimes irremovable traces, and often vanishing artifacts, of northern people. An education and exhibits program created visual and tactile displays. A heritage advisory service offered professional help, materials and small grants to communities involved in heritage projects. A variety of measures were adopted - policy, museum facility, professional programs - to assure the story of northern people and their land was preserved and interpreted.

The interpretation of history is not fulfilled solely by artifact collections or their preservation. It also requires that other means be used. A proper interpretation of history involves creative presentations in dramatic, graphic and literary form. No medium must be left unused in bringing history alive. The Occasional Paper Series is intended as a forum for the presentation of scientifically sound research that is comprehensible to interested non-specialists and to the scientific community alike. The series has a second aim - that of providing information about the rich cultural tradition of indigenous northern people, and the natural history of the land of which they are a part.

Today, the preservation and interpretation of heritage is of paramount importance to indigenous people. A brief look at recent political and economic trends demonstrates why this is so. The Government of the Northwest Territories now comprises a wholly elected Legislative Assembly and Executive Council, the majority of representatives to both being of northern indigenous descent. One of the major concerns of northern people is economic growth and development. A factor affecting economic development is land claims, the successful resolution of which will guarantee economic security and stability for indigenous people. A land-based identity is at the root of their claim to northern lands. Rocks, water, space are seen as true heritage containing the peoples' memories and records of the past, their primary source for spiritual inspiration, the economic means for a successful lifestyle, and the only guarantee for a culturally distinctive future. The Northwest Territories, fully one third of Canada's area, is home to a population comprising Dene, Inuit and Metis scattered among 62 settlements. The land is their claim to survival.

"Knowing the land" is not just a wish of indigenous peoples, but a necessity. At no other time, however, has this been more difficult than now, when young lifestyles are effected by world economic events and where the traditions embodied in elders sometimes seem out of place. Nevertheless, these

traditions offer respect for nature's growth and order, two elements most easily understood when living in a natural rather than artificial environment. Hence the recent insistence by the Dene Nation elders on their young people learning about their natural and cultural heritage.

The increase, over the past fews years, of community-based heritage projects signals such a realization - that the land and the elders' traditions are integral to indigenous development. These projects include oral history, performance, festival, graphic representation, all a revitalization of traditional knowledge but often appearing in contemporary form. The emergence of community schools and regional centres for teaching and learning also reflects this realization. The schools and centres draw upon skills of those with little formal education, but much wisdom in traditional knowledge acquired from living in a northern environment. In turn, tourism has demanded that natural heritage be interpreted by those whose lifestyles are part of it.

In recent years, the Prince of Wales Northern Heritage Centre and the Science Institute of the Northwest Territories have fostered professional and scientific programs in the north. These programs have often focused on both the natural environment and the knowledge held by indigenous people in adapting to it.

In 1987, the heritage division of the territorial government was involved in 57 field projects, over half of which explored the natural heritage of the Arctic and the Subarctic. In order to meet their goals, these same projects depended upon the contribution of indigenous people, both elders and young adults. Some recent projects were: the construction of an interpretive centre in Pangnirtung (Baffin Island), gateway to Auyuittuq and Kekerten Parks; the development of an exhibit on Inuit lifestyles for the school at Sanikiluaq (Hudson Bay); the excavation of prehistoric sites at Igloolik (Melville Peninsula); the recording and naming of geographical features at Sachs Harbour (Banks Island); a historical photo-documentation of Fort Good Hope (Mackenzie River); the development of school kits about northern animals and plants; the production of a travelling exhibit on the subject of fur-trapping; the collection and conservation of mineral specimens, land and marine animal bone tissue . . . the list is long.

Today, the ongoing development of northern Canadian land and resources continues to place fragile arctic and subarctic ecosystems in jeopardy, and with them the cultures of the aboriginal peoples. As political decisions regarding development are made, it is most important that intelligently formulated, responsible policies be established.

It is in this spirit that the Prince of Wales Northern Heritage Centre offers Occasional Paper Number 3, entitled *The Natural History of Canada's North: Current Research*. It is a sincere effort to bolster the growing knowledge base of a very broad subject. The research papers are not meant to be exhaustive in their coverage, but present interpretations of natural history which provide testimony to the growth and order of nature's activities in the north. They will also serve as a reference to the true heritage of indigenous people.

Considerable thanks are extended to the authors of the research papers contained in this volume. They demonstrated great patience in suffering through a long process of peer review, popular editing, and a change in editors. A special note of thanks is offered to Robert Janes for writing a comprehensive

introduction. The interpretation of natural heritage owes a lot to this scientist for continuing to inspire researchers and the professional community at large. The editorial committee had as its only continuous member, Carolynn Kobelka. Her devotion to this work made it possible. Other members of the committee at one time, or the other, included Ellen Bielawski, Robert Janes, Lynette Harper and Barbara Winter.

We would like to thank the scientists who generously agreed to review the papers included in this volume. They are: J.D. Aitken, W. George Alliston, Charles D. Arnold, John E. Brindle, Francis R. Cook, Sylvia A. Edlund, R.O. van Everdingen, Derek C. Ford, C. Stuart Houston, Kay McInnes, R.W. Murphy, Richard Revel, K.W. Stewart, Marilyn Walker, Patrick J. Webber and a reader who preferred to remain anonymous.

Peggy Monroe, Kathy Cadieux, Donna Leedham and Judy Edgar of the Prince of Wales Northern Heritage Centre provided secretarial and administrative services. The Language Bureau, Department of Culture and Communications undertook translation of the papers; the Inuktitut was handled by Edna Elias and Rassi Nashalik, the French was looked after by Andre Bujold. Yvonne Lynn and John Moss of the Department's Design and Printing Bureau, oversaw the production. Wally Wolfe, Curator of Exhibits at the Prince of Wales Northern Heritage Centre, designed the cover. We are grateful to all of the above.

Finally, a special thank - you must be registered to Art Sorensen, Deputy Minister, and Ethel Blondin-Townsend, Assistant Deputy Minister, of the Department of Culture and Communications. These two have been instrumental in nurturing the recent trend of heritage projects. The success of these and other future ventures can be attributed largely to their supportive efforts.

January, 1988

Christopher Stephens
Director
Prince of Wales Northern Heritage Centre

INTRODUCTION

This third volume in the Occasional Paper Series of the Prince of Wales Northern Heritage Centre is a noteworthy departure from the previous two, which were devoted to the human history of the N.W.T. The range of interests represented by the following collection of papers is no less broad in scope than the previous volumes, encompassing as it does a variety of life and physical sciences including botany, zoology, herpetology, geology and geography. At the outset, the editors of this volume deserve recognition for their efforts to present a multidisciplinary balance in this publication series. Such a balance is more difficult to achieve in the complex world of scientific research. As an example, human science research is currently declining in the Northwest Territories in comparison with the life and physical sciences, despite the best efforts of both resident and non-resident researchers. The reasons for this trend are obscure at present, but it appears that fewer students and scholars are making the commitment to northern social science in the late twentieth century.

Overcoming this difficulty and a host of others involving northern science policy and research will require the efforts of a strong and active resident scientific community. Happily, this process appears to be underway, considering that two of the five contributors to this volume are scientists who reside in the N.W.T. One of them, Dr. Robert Bromley, was born and raised in Yellowknife, having done his doctoral work in Alaska.

From resident scientists to self-determination in northern science is not as big a leap as one may think. In fact, a report published by the Science Council of Canada indicates that such a notion is far from new. This 1977 report entitled "Northward Looking: A Strategy and a Science Policy for Northern Development" states that there is a special need for northern research to be determined by local needs.

Often forgotten amid the urgency for rights and privileges, however, are the attendant responsibilities. Influencing the course of northern science also requires a commitment to its growth and development. For the scientist and scholar, this means generating and disseminating knowledge, in part through such enterprises as the Northern Heritage Centre's Occasional Paper Series.

Did you know that Wood Buffalo National Park is one of the largest parks in the world, and includes some of the world's finest examples of a unique landform which began to develop around 400 million years ago when much of western Canada was covered by a shallow, continental sea? In the article by John Brophy, a resident geologist, the formation and ecological impact of this litle known aspect of the park is described, including a sober warning of what could befall the careless explorer of this fragile landscape.

Authors Karl Larsen and Patrick Gregory of the University of Victoria reveal that there are five species of amphibians and reptiles in the Northwest Territories, including three types of frogs, the Canadian toad and the red-sided garter snake. These scientists may be unaware of the value of their article to parents who spend time with curious children in the myriad lake systems of the western Subarctic. The question of whether frogs exist in the frozen north seems to be a perennial one. Larsen and Gregory clearly define the limits of our knowledge about northern amphibians and reptiles, while at the same time providing a fascinating account of the ecology of the red-sided garter snake in

Wood Buffalo National Park. The movements of three large female snakes were radio-tracked using surgically implanted radio transmitters!

Robert Bromley, in his article on the waterfowl of the Northwest Territories, surprised this reader with the fact that 50 percent of all geese and swans in North America hatch in the N.W.T. He then goes on to explain the importance of waterfowl for aesthetic, recreational and subsistence purposes. Even this enormous resource is threatened by over-exploitation, and Bromley proposes a plan to head off this problem before it overtakes us. The paper is a forthright example of both planning for the future and science in the interests of public policy. Let us hope that the politicians and administrators are listening.

The paper by John Jacobs, a geographer from the University of Windsor, is a cogent introduction to interdisciplinary, scientific studies. The author combines research on the pollen record from southern and eastern Baffin Island with archaeological evidence from his colleague, Douglas Stenton, to reveal past periods of greater vegetation and a climate that was warmer and wetter than it is now. Oddly enough, this concern with past environments in comparison to the present provides a window on the future, in that it enables scientists to anticipate the effects of changes in the future. In a circumpolar environment under dire stress by man-induced changes, such insight has already proven to be essential.

The last of the papers in this collection is by W. Raymond Cummins, Bonnie Bergsma, Mark Romer and Josef Svoboda of the University of Toronto. They write convincingly that the large-scale, high technology aproach to food production in the Arctic is unrealistic. Instead, they propose a more appropriate technology consisting of small-scale gardening based on local human, material and energy rsources. This paper is a practical and direct introduction to what must be the most arduous agriculture in the world.

In short, these papers provide a satisfying and varied diet for those with a general curiosity about the intricate natural history of the N.W.T. The reader is offered a glimpse of the interplay between pure and applied research, as well as concrete examples of the importance of scientific research to the social and economic well-being of the N.W.T.

Pure and applied research, information transfer, and science and technology in the service of balanced development are all important concerns to the Science Institute of the N.W.T., as they are to numerous other northen agencies. One way to ensure that these concerns are addressed as effectively as possible is to foster the decentralization of science administration and research throughout the country, and throughout the Northwest Territories. This means, among other things, that research, training, publishing and so forth should be performed at the most local level where they can be performed well.

The responsibilities implied by this principle belong to all the individuals and organizations engaged in scientific activities - to all those people and institutions attempting to better understand the world around them through observation, study and experiment. A more restrictive definition of science has little meaning in the multi-cultural environment of northern Canada.

The Northern Heritage Centre's Occasional Paper Series is an essential part of the infrastructure which is required to foster a northern scientific

community, an infrastructure which takes decades of commitment and hard work to achieve. With so few opportunities currently available to publish scientific information of potential value to the social and economic well-being of the N.W.T., let us hope this Occasional Paper Series continues to prosper. Not only is it essential to our collective intellectual maturation, but it is also a means of fulfilling our obligation to act responsibly on things that matter.

September, 1987

Robert R. Janes
Executive Director
Science Institute of the
Northwest Territories

ᓄᓇᕐᔪᐊᕐᒥ ᑎᖕᒥᐊᑦ ᐃᒪᕐᒥᐅᑕᐃᑦ: ᐃᒪᕐᒥᐅᑕᑦ ᑎᖕᒥᐊᑦ ᐅᓄᕐᓂᖏᑦ ᐊᒻᒪᓗ ᐊᐅᓪᓚᑕᕐᓂᖏᑦ ᐱᒻᒪᕆᐅᕗᑦ ᓯᓚᕐᔪᐊᕐᒥᐅᓄᑦ ᖃᐅᔨᒪᔭᐅᕆᐊᖅ

ᕉᐸᑦ ᐸᕈᓪᓖ
Robert G. Bromley

ᓇᐃᓪᓕᒋᐊᖅᓯᒪᔪᖅ

ᓄᓇᕐᔪᐊᕐᒥ ᐃᒪᕐᒥᐅᑕᑦ ᑎᖕᒥᐊᑦ ᐊᒥᓱᐊᓗᒻᒪᑕ ᓇᓂᑐᐃᓐᓈᖅᑐᑎᒃ ᓄᓇᕐᔪᐊᕐᒥ. ᐊᒻᒪᓗ, 50 ᐳᓴᓐᑎᖏᑦ ᐊᒥᐊᓕᖅᑯᒦᖔᕐᑐᑦ ᓂᕿᓖᑦ ᐊᒻᒪᓗ ᖁᖓᔭᐃᑦ ᐊᒻᒪ ᐊᒥᓱᐊᓗᐃᑦ ᒥᑏᑦ. ᓄᓇᕐᔪᐊᕐᒥᐅᓄᑦ ᐊᑑᑎᖃᖅᑎᑕᐅᔪᑎᖏᑦ ᐊᔾᔨᒌᓐᖏᑦᓚᑦ. ᑲᖏᕐᓇᕈᑎᖃᓘᐊᓕᒌᑦ, ᐊᒥᓱᐊᓘᓪᓗᑎᒃ ᑲᑎᓐᖓᓪᓗᑎᒃ ᑎᑭᐅᖅᑲᓕᖁᐊᕆᓚᑕ ᐅᐱᕐᖑᒥ. ᑕᖅᑭᐊᖃᓐᓂᖏᓐᓄᑦ ᑕᑯᒥᓇᕆᔭᐅᕙᓪᓗᑦ ᐅᑭᐅᖑᕐᑐᒥᐅᓄᑦ ᐊᒻᒪᓗ ᓂᐅᕋᓯᒪᔪᓄᑦ. ᖁᐱᐊᒥᔭᐅᓪᓗᑎᒃ ᑎᖕᒥᐊᕐᓂᐊᓰᑦ.

ᐃᒃᐱᔭᐅᓗᐊᕆᑦᔪᖅ ᒫᓐᓇᐅᔪᒥ ᓂᕈᒥᔭᐅᕙᓐᓂᖏᑦ ᐅᐱᕐᖑᒥ ᐊᐅᔭᒥᓗ. ᑎᖕᒥᐊᓂᐊᖅᑕᐅᓲᖑᖃᖦᑕᖅᓯᒪᓚᐅᓗᐊᖅᑎᓪᓗᒋᑦ ᐊᕐᖁᒍᓂ ᐊᒥᓱᐊᓘᓕᖅᑐᓂ, ᐃᓗᓕᖏᑎᒍᑦ ᒪᓕᒐᐃᑦ ᑎᖕᒥᐊᓄᑦ ᑎᑭᑦᑕᖅᑐᓄᑦ ᑎᖕᒥᐊᓂᐊᕐᓂᖅ ᒪᓕᒐᓐᓂᒃ ᓱᕐᖁᐃᕐᔪᑦ. ᑖᓐᓇᑦᑕᐅᖅ ᐃᓱᓕᕈᑕᐅᔪᕕᐊᖃᕐᒪᑦ ᐋᓖᓯᑲᒥ, ᖃᔫᓇᕈᖅᐸᓕᔪᒪᓂᖏᓐᓄᑦ ᓂᕿᓖᑦ.

ᐊᐅᓚᔪᓃᑦ ᐃᓕᑕᖅᔪᓯᒪᔪᑦ ᑎᖕᒥᐊᑦ ᐃᒪᕐᒥᐅᑕᐃᑦ ᓂᕈᖕᓂᐊᕆᔭᐅᔫᓇᕐᓚᑕ ᑲᒪᒋᔭᐅᔪᐊᕐᓗᑎᒃ ᐊᒻᒪ ᑕᐃᒪᓐᓇ ᐱᒃᑯᒥᒋᔭᐅᓂᖓᐅᓪᓗᓂ ᐱᐅᖅᓯᐊᑕᐅᓗᑎᓪᓗ. ᖃᐅᔨᒪᓕᖅᑐᑎᓪᓗ ᑐᐊᐱᐊᕆᔭᐅᔭᕆᐊᖃᓐᓂᖕᓂᒃ ᒪᓕᒐᓐᓂᒃ ᓱᕐᖁᐃᔪᑎᓪᓗᑎᒃ ᑎᖕᒥᐊᓂᐊᕈᓐᓇᖁᓪᓗᑎᒃ ᐊᖑᓇᓱᒃᐸᒃᑐᑦ ᓂᕈᖕᒥᓂᒃ ᐅᐱᕐᖑᒥ. ᑕᒪᒃᑯᐊ ᐱᔭᕇᕐᑎᓪᓗᑎᒃ, ᐊᐅᓚᔪᓃᑦ ᐱᓕᕆᖃᑎᖃᖅᑐᐃᓐᓇᕆᐊᖃᖅᐳᑦ ᐆᒪᔪᕐᔪᐊᓂᒃ ᐋᖕᖏᓱᐃᓕᕈᑎᒃ ᒪᓕᒐᖕᓂ ᑐᕌᖓᓂᐊᖅᑐᓂᒃ ᐆᒪᔪᕐᔪᐊᓄᑦ ᓂᕈᖕᓱᐊᕆᐊᑎᓪᓗᒍ ᐊᒻᒪ ᐱᐅᕐᓱᐊᕈᑎᐅᓯᓐᓈᓂᐊᕐᓗᓂ ᑎᖕᒥᐊᓄᑦ ᓄᓇᕐᔪᐊᓕᒫᒥ ᐸᕐᓇᐃᕈᑕᐅᓯᒪᔪᑎᒍᑦ. ᑕᐃᒪᐃᑦᑐᑦ ᒪᓕᒐᐅᔪᑦ ᐃᒃᐱᒍᓱᒋᐊᖃᕐᓂᐊᕐᒥᔪᑦ ᐊᑐᐃᓯᒪᓂᖃᕐᓂᖕᖓᐅᑐᐃᓐᓇᕆᐊᖃᕐᓂᖕᓂᒃ ᐅᐱᕐᖑᒥ ᑎᖕᒥᐊᓂᐊᕐᓂᒥᒃ, ᐃᓚᒋᔭᐅᑎᕗᑐᐃᓐᓇᕆᐊᖃᖅᑐᓂ ᐃᑦᓕᕐᑐᓂᒃ ᑎᖕᒥᐊᖅᓯᐊᕐᓂᕐᒥᒃ ᐊᒻᒪ ᒪᒃᓂᑕᕈᓐᓇᖅᓯᓂᕐᒥᒃ.

ᖃᐅᔨᓴᕈᑕᐅᔪᑦ ᐊᑐᐃᓯᒪᓂᖃᓐᓂᖏᓐᓂᒃ ᐅᐱᕐᖑᒥ ᑎᖕᒥᐊᕐᓂᐊᖃᑦᑕᕐᓂᕐᒧᑦ ᐃᒪᕐᒥᐅᑕᓂᒃ ᐅᔪᕐᓂᖏᓐᓂᒃ ᐊᒻᒪ ᕿᑐᕐᖏᐅᕐᓂᖏᓐᓂᒃ ᖃᐅᔨᓴᐅᓯᐊᖃᕈᓐᓇᕐᓂᐊᖅᐳᖅ, ᐱᐅᕐᓱᐊᓂᖅ ᐃᓕᓴᐅᔪᐊᕈᓐᓇᓂᐊᕐᓚᑦ ᐊᑑᑎᖃᕐᔪᐊᑐᖃᑦ ᒪᓕᒐᕐᑎᒍᑦ.

ᓂᕿᑦ ᐅᑭᐅᖅᑕᖅᑐᒥᖔᕐᑐᑦ ᐊᖏᔫᓗᐊᖏᑦᑑᓚᓗᐊᓂᒃ ᐱᖅᑭᓱᐊᓂᒃ ᓂᕿᓴᓕᐅᕐᓂᖅ ᐅᑭᐅᖅᑕᑐᖔᓂ ᑲᓇᑕᐅᑉ

ᕗᐃᒪᓐ ᑲᒥᓐᔅ, ᐹᓂ ᐴᒪ
ᒫᒃ ᔫᒪ ᐊᒻᒪ ᔪᓯᑉ ᓱᕗᐳᑕ
W. Raymond Cummins, Bonnie M. Bergsma,
Mark J. Romer and Josef Svoboda

ᓇᐃᓐᓂᒋᐊᖅᓯᒪᔪᖅ

ᐊᖏᔪᐊᓗᓐᓂᒃ, ᐊᐅᓚᐅᑎᓄᑦ ᓂᕿᓕᖁᓂᖅ ᐅᓪᓗᒥᐅᔪᖅ ᐃᓱᓇᖏᓪᓕᖅ ᓯᓚ ᐊᒻᒪ ᐊᒥᖅᑲᓪᓚᖕᓄᑦ ᐊᕐᕌᒍᓄᑦ ᖃᐃᓂᐊᖅᑐᓄᑦ ᐅᑭᐅᖅᑕᖅᑐᖔᓂ ᑲᓇᑕᐅᑉ. ᐊᑭᑐᓂᐊᓗᐊᓄᑦ ᓱᓇᒃᑯᑦ, ᐃᑯᒪᖅᑯᑦ ᐊᒻᒪ ᖃᐅᔨᒪᓂᖃᖅᓯᒪᓂᒃᑐᑦ ᐱᑕᖃᓗᐊᖅᐱᓯᒪᑕ ᐊᖏᔫᖏᑦᑐᓂᒃ ᓂᐅᐱᕐᐱᖃᐅᕐᑎᖅᓗᒥᑦ ᓄᓇᓖᑦ ᖃᓂᒡᖏᑦᑐᑦ ᐅᑭᐅᖅᑕᖅᑐᒥ. ᑭᓯᐊᓂᓕ, ᐊᖑᑦ ᐃᓚᐃᓐᓇᖏᓂ, ᐊᖏᔪᐊᓗᓗᐊᖏᑦᑐᓐᓗ ᐱᕈᖅᓯᖃᑦᑕᖅᑐᖃᕈᓂ ᐊᑐᕐᑎᖃᕐᔪᐊᕈᓐᓇᕐᑎᒍᖅ, ᓂᕿᑦ ᐱᕈᖅᑐᑦ ᐊᖏᔪᖃᓪᓚᐅᔪᓐᓇᕐᓕᑕ ᖁᕝᕕᑎᓯᐅᔪᓐᓇᕐᑐᑎᓗ ᐱᕈᖅᓯᔪᒧᑦ.

ᐅᑯᐊ ᑕᕝᕙ ᖃᐅᔨᓴᐅᑕᐅᖅᑐᑦ ᐅᑯᓂᖓ ᑎᑎᕋᕐᕕᐅᔪᓄᑦ ᒪᕿᕐᓂᒃ ᖃᐅᔨᓴᕈᑎᖃᑕᐅᖏᓐᓂᖅ, ᖃᐅᔨᓴᕈᑕᐅᑕᐅᖅᑐᖅ ᑲᖏᖅᖠᓂᖓ (63 N) ᐊᒻᒪ ᐊᐅᓯᐃᑦᑐᑦ ᕿᑭᖅᑕᖑᓂ (79 N) 1981-ᒥᑦ 1984-ᒧᑦ, ᖃᑦᑐᓂᖃᖅᑎᐊᕐᑐᓂᒃ ᖃᐅᔨᓴᕈᑎᖃᑕᐅᓯᒪᑕ ᐱᕈᖅᓂᕐᒧᑦ ᑕᒪᕐᒥᓂᒃ ᓇᑉᐹᖅᑐᖃᖅᐸᖏᑦᑐᒥ ᐱᕈᕐᓂᒃ ᐊᒻᒪ ᓂᕿᖅᑎᓯᐅᓂᐊᕐᓗᑎᒃ ᐱᕈᖅᓯᐊᑎᓯᐅᕌᓂᒃ. ᓯᓚᕐᑎᒃᓄᑦ ᓈᖓᒥᐊᖅᑐᒍ ᓴᓇᓯᒪᓂᖅᑐᒥᒃ, ᓯᕿᓂᕐᒧᑦ ᐅᖅᑯᓴᐅᖏᓗᑎᒃ ᐱᕈᖅᐱᖃᑕᐅᓴᑕ ᐃᒡᓗᓂᒃ ᐱᕈᖅᐱᖓ ᐃᒃᓯ ᐃᓚᐅᖅᑐᖅᓯᒪᓗᒍ ᓯᐅᓴᕿᒃ, ᐃᒃᓯᒥᒃ ᐊᒻᒪ ᑕᓯᑦ ᐃᖅᑲᖓᓂᒃ ᐃᒃᓯᑳᑎᓯᐅᓯᒪᔪᒥᒃ. ᐱᕈᖅᑐᑦ ᐊᑭᑭᖅᓂᖅᐅᖓᑎᑕᐅᖅᐳᑦ ᖃᓗᓈᑦ ᓄᓇᖓᓂᖓᕈᓯᐅᖅᑐᓂᒃ ᐊᒻᒪ ᓂᕿᓯᐊᑦᑐᓂᑎᓯᖓ ᐱᐅᓂᖅᐅᒥᓗᓂᑦᑕᐅᖅ ᐊᒻᒪ ᐃᓐᓇᕐᓂᖅᐅᓗᑎᒃ ᐅᖓᐅᓂᖏᓐᓄᑦ.

ᐱᕈᖅᐱᖏᑦ ᐱᕈᖅᑐᑦ ᐊᖏᓗᐊᖏᖃᓗᐊᖅᑎᓗᒋᑦ ᖃᑦᑎᓂᖃᑎᐊᕈᓇᓚᑦ ᐊᒻᒪ ᑯᓇᐅᓯᓕᐅᑭᑕᐅᔪᓇᕐᑐᓂᓗ ᐅᑭᐅᖅᑕᖅᑐᖔᓂ ᑲᓇᑕᐅᑉ, ᐱᕈᖅᓯᐱᖃᑦᑎᐊᓕᖅᐸᑐᓄᑦ ᓄᓇᓕᖕᓂ ᐊᑐᑎᖃᖅᑎᐊᖅᑕᐅᓇᕐᓂᖃᖅᓴᐅᖅᑐᖅ.

ᐃᑎᖅᓴᐃᑦ, ᖁᐸᓄᐊᓄᑦ ᓴᖕᖓᑦᑕᐅᓂᑯᑦ(Swallow Holes) ᐊᒻᒪᓗ ᓇᖅᓴᐃᑦ ᒫᖅᕿᐅᔭᐃᑦ ᓴᓗᐊᕐᓃᑦ ᓄᓇ ᐸᐊᑦ ᓯᒥᑦ ᒥᖅᑯᐃᓯᖅᐱᒃ

ᔮᓐ ᐸᕋᐱ
John A. Brophy

ᓇᐃᓪᓕᒋᐊᖅᓯᒪᔪᖅ

ᓃᑐᓪ ᓚᐃᒃ (Needle Lake) ᐊᒻᒪᓗ ᐹᓴᓐᒥ (Parson) ᐸᐊᑦ ᓯᒥᑦ ᒥᖅᑯᐃᓯᖅᐱᐊᑕ ᓴᓂᐊᓂ, ᓂᐅᕙᔪᑦ ᑕᑯᓐᓇᖅᑐᑦ ᐊᐅᔨᕐᖁᖅᑐᓂᒃ ᓄᓇᐅᑉ ᐋᖅᑭᓯᒪᓂᖏᓐᓂᒃ ᑕᐃᒪᐃᓕᑎᑕᐅᓯᒪᔪᓂᒃ ᓄᓇᐅᑉ ᐊᓯᓐᓇᓕᔭᕐᓂᖓᓄᑦ. ᑕᒪᒃᑯᐊ ᑲᑦᐱᒥᓂᐊᓘᔫᒃᑐᑦ (ᐃᑎᖅᓱᐃᑦ), ᓇᖅᓴᐃᑦ, ᖃᖓᑦᑖᑦ ᐊᒻᒪᓗ ᑲᑦᑕᑐᐊᑦ ᑕᐃᒪᐃ-ᓕᑎᑕᐅᓯᒪᔪᑦ ᐃᒪᖅᑕᖃᓂᖓᓄᑦ ᓄᓇ ᐊᒻᒪ ᐅᔭᕋᐃᑦ ᐃᒫᓂᓕᕆᓂᒃ ᐊᑭᓕᖅᑐᑦ, ᓰᓚ ᑳᓇᑦ ᒫᖅᕿᐅᔭᖅᑎᑐᑦ.

ᒫᖅᕿᐅᔭᐃᑦ ᐊᑭᓕᖅᑐᑦ Wood Buffalo ᑕᒪᐅᓐᖓᓂᖅᐳᑦ ᑕᓇᐅᖕᖏᑦᑐᓂᒃ, ᐃᓱᓕᑦᑐᓂ ᑕᓇᐅᖕᖏᓂᕈᑦ ᑲᓇᑕᐅᑉ ᐅᐊᓕᓂᓕᒫᖓᓂ ᑕᐃᑦᓱᒪᓂᐊᓗᒃ 400-ᒥᓕᐊᒃ ᐊᖏᓂᖅ ᓈᓯᒪᓕᖅᐳᑦ ᑕᐃᒪᖕᖓᓂᑦ, ᓄᓇᐅᑉ ᐃᑭᐊᖓᓂ ᖃᖓᑦᑖᓕᑦ ᑰᖃᖅᑐᑦ ᓄᓇ ᑕᐃᒪᓕᕆᓕᐊᓕᓚᐅᖅᐳᖅ ᐊᖏᓂᖅ 10,000 ᓈᓯᐊᖏᓐᓂᖅ ᒫᓇᒧᑦ ᑎᑭᖅᖢᒍ, ᑖᒃᑯᐊ ᒫᖅᕿᐅᔭᐃᑦ ᓴᓗᐊᖏᓐᓂᒃ ᐊᑭᓕᔭᐅᓯᒪᖕᖓᑕ ᓄᓇᐅᑉ ᐃᑭᐊᖓᓂ ᑰᖅᑯᒃ. ᐅᖅᑯᒥᓕ, ᖃᓄᐃᓕᖃᑦᑕᖅᓯᒪᓂᑦᓯᒪᔪᖕᒃ ᖃᐅᔨᓴᖅᑕᐅᖅᑐᖅᑎᑦ ᐊᕐᕌᓯᒪᓂᖃᖅᓯᒪᑎᑉᐳᑦ ᐃᓄᖕᓂᒃ ᐊᒻᒪᓗ ᐃᖃᓗᖕᓂᒃ, ᑎᖕᒥᐊᖕᓂᓗ, ᖁᓕᕆᐊᓗ ᐊᒻᒪ ᐃᒪᐃᖓᑕᖕᓂᒃ.

ᐅᖅᑰᓯᖅᑕᕐᓂᖓ ᓂᒡᓚᑕᕐᓂᖓᓄ, ᐱᕈᖅᑐᕐᓂᓗ ᑳᒪᔪᕐᓂᓗ ᕿᑭᖅᑖᓘᑉ ᓂᒋᐊᑕ

ᔮᓐ ᑎ. ᔭᐃᑯᑉ
John D. Jacobs

ᓇᐃᓐᓂᕆᐊᖅᓯᒪᔪᑦ

ᑲᓇᑕᐅᑉ ᐅᑭᐅᖅᑕᖅᑐᖓᓂ ᐱᖓᓐᖑᖓᑕ ᐱᕈᖅᑐᓂᒃ ᓂᑎᐱᐅᔫᖅ, ᕿᑭᖅᑖᓗᒃ ᐃᓚᖓ- ᐅᓐᓄᓂ. ᕿᑭᖅᑖᓘᑉ ᓂᒋᐊ ᐱᕈᖅᑐᓕᖓᑎᐅᖓᑦ ᑳᒪᔪᓄᑦ ᓱᕐᓄ ᑐᕌᓄᑦ ᓂᑎᐱᐅᑦᑐᖅ. ᑭᓯᐊᓂᒃᑕᐅᖅ ᖃᐅᔨᓴᕐᕕᐊᓚᐅᕐᑐᖅ ᖃᐅᔨᓇᕐᑐᖅ ᑳᖕᖓ ᐱᕈᖅᑐᖅ ᐊᐅᓪᓚᖅᑐᐃᓯᒪᐊᓂᒃ. ᕿᑭᖅᑖᓗᒥ ᐱᕈᖅᑐᖅ ᐊᐅᓪᓚᖅᑐᒪᑕ.

ᕿᑭᖅᑖᓗᒥ ᐱᕈᖅᑐᕈᓐᓇᐅᖅᑕᕈᓐᓇᐃᓐᓂᓗᒍ ᓯᓚ ᐱᖓᑎᐅᕐᓗᖅ ᑳᒪᔪᓄᑦ ᐊᒻᒪᓗ ᑮᓇᐅᔭᖅᓂᖅᑑ. ᖃᐅᔨᓚᐅᕐᑐᖅ ᑕᐃᒪᓂᐅᑎᓂᓗᒍ ᐱᕈᖅᑐᕐᓂᖅᑕᐅᓚᖅᑐᕐᓂᖅ ᒫᓐᓇᒥᓂᒃ.

ᐱᕈᖅᑐᕕᓃᑦ ᐅᔾᔨᖅᓯᒪᔪᑦ ᑕᐃᒪᓐᓇᐊᓗᐃᓐᓂᐃᑦ ᖃᐅᔨᔭᐅᓯᒪᔪᑦ ᕿᑭᖅᑖᓘᑉ ᓂᒋᐊᓂ ᐊᒪᓗ ᑲᓇᕐᓇᖓᓂ ᐱᕈᖅᑐᕐᓂᖅᑕᐅᓚᐅᕐᓂᐊᓂᒃ ᒫᓐᓇᒥᓂᒃ, ᓯᓚ ᐱᑐᓂᖅᑕᐅ- ᓂᖏᑦ, ᐊᒻᒪᓗ ᕿᐅᖅᑲᓂᖅᑕᐅᓂᖏᑦ. ᐃᑦᑕᕐᓂᕐᓂᓕᑎᖏᑦ ᖃᐅᔨᓯᒪᔪᑦ ᑕᐃᒪᓂᐊ- ᓗᒃ ᐃᓄᐃᑦ ᐊᑐᓕᕐᑎᑉᐸᓂᖏᑕ ᓄᓇᒥ ᓯᓚ ᐃᖅᑲᐅᒪᓂᖅᑕᐅᓚᐅᕐᑎᓗᒍ.

ᒫᓐᓇ ᓯᓚ ᕿᑭᖅᑖᓘᑉ ᓂᒋᐊ ᐊᓯᐅᕙᓕᐊᑐᐃᓐᓇᖅᑐᖅ. ᖃᐅᔨᓴᖅᓯᒪᔪᑦ ᑕᐃᒪᓐᓇᐊᓗᒃ ᐊᒻᒪᓗ ᒫᓐᓇᐅᓕᖅᑐᖅ ᓯᓚᐅᑉ, ᐱᕈᖅᑐᓗ ᐊᒻᒪᓗ ᐃᓕᖅᑯᓯᖅ ᖃᓄᖅ ᐊᐅᓪᓚᖅᑐᓇᐃᑦᑐᒥ- ᓂᒃ ᐸᓐᓂᖅᑕᕐᓂᖅᑕᓕᖅᑐᖅ ᐊᓯᐅᕙᓕᐊᓂᒥᓄᑦ.

ᑳᒪᔪᑦ ᐊᒻᒃᑯᒪᔫᑦ ᐊᒻᒪᓗ ᖃᐱᕈᐃᑦ ᐃᒪᕐᒥᐅᑕᐃᑦ ᓄᓇᕐᓯᐊᕐᒥ

ᑳᓪ ᓛᓴᓐ ᐊᒻᒪᓗ ᐹᑐᕆᒃ ᒍᕆᒍᕆ
Karl W. Larsen and Patrick T. Gregory

ᓇᐃᓐᓇᖏᐊᕐᓯᒪᔪᑦ

ᑕᒪᐅᖓ ᑳᒪᔪᑦ ᐊᒻᒃᑯᒪᔫᑦ ᐊᒻᒪᓗ ᖃᐱᕈᐃᑦ ᐃᒪᕐᒥᐅᑕᑦ ᐊᒥᖑᕐᓂᖅᓯᐅᑉᐸᓪᓚᐊᕐᒥᑦ ᓄᓇᐅᑉ ᐅᖅᑯᓂᐊᓂᑦ ᖃᓂᒋᔭᐅᓂᖏᓐᓄᑦ ᐊᐅᓪᓚᐊᓯᒪᓪᓗᑎᒃ ᐃᓱᓇᕐᓂᕐᓂ ᓄᓇᓂ. ᑕᐃᒪᐃᓐᓇᐅᓕᒫᑦ ᐊᐅᔭᒥᐅᑕᕐᒥ ᑲᑕᒪᑦ ᐊᐅᔭᒥᐅᑕᕐᒥᑦ ᐱᓪᓚᑎᐊᕐ, ᐊᒻᒪᓗ ᖃᓪᓗᓂᑦ ᓄᓇᕐᔪᐊᒥᒃᑯᑦ, ᐊᒻᒪᓗ ᒪᕈᐃᓐᓇᐅᓯᒪᓂᑦ ᐊᐅᔭᒥᐅᑕᕐᒥᑦ (ᐱᓪᓚᑎᐊᑦ ᐊᑕᐅᓯᕐᒃᑯᑦ ᓂᓪᓚᐊᓗᑦ ᐊᒻᒪ ᓇᓛᕐᒧᑦ ᓲᕐ) ᐃᓱᓇᕐᒧᑦᓱᑦ ᐅᑭᐅᕐᑕᕐᒥ.

ᑕᒪᐅᖓ ᑳᒪᔪᑦ ᐊᒻᒃᑯᒪᔫᑦ ᐊᒻᒪ ᖃᐱᕈᐃᑦ ᐃᒪᕐᒥᐅᑕᑦ ᐱᑕᖃᓗᐊᕐᓂᖅᓯᐅᔪᑦ ᐱᐅᓯᕆᔭᐅᓗᑎᒃ ᓯᓚᒥ ᐃᓱᓇᕐᓯᑕᐅᓂᖏᑦ ᐅᐱᓂᖏᓐᓂᓗ ᐊᐅᔭᖓ ᓂᑎᓛᓇᕐᓯᐱᓕᕐᓯᓗᐊᖏᑦ, ᐱᔪᕐᒃᐱᑎᕙᓂᐅᑉ ᐊᒻᒪ ᕿᔪᖅᑭᐅᖅᐱᑎᕙᓂᐅᓪᓗ ᐊᐅᕐᓂᑭᓗᐊᕐᒧᓂ, ᐊᑯᓂᐊᓗᓪᓗ ᐅᑭᐅᖅᑯᓯᕙᓂᖅ ᐱᓪᓚᑎᐊᕐᒧᑦ ᖃᓪᓚᓇᐅᔭᖓᑦ ᐅᒪᐃᓐᓇᕈᕐᓇᖅᐱᐅᓂᐊᕐᓗᐊᑎᐊᖑᓂᑦ ᑭᓯᐊᓂ ᐅᑭᐅᖅᑕᖅᑎᓗ ᐊᒧᐃᓐᓇᖃᑎᐊᒃᑯᑦ ᓈᓚᕿᑎᐊᕐᒧᑦ ᑎᓯᒥᓂᐊᕐᑕᒥᓂᑦ ᐸᓪᓚᒃᐱᖕᒥᓂᑦ ᐅᑭᐅᓖᒥ. ᑕᒪᐅᖓᑕᐅᑦ ᑳᒪᔪᐃᑦ ᐊᒻᒃᑯᒪᔫᑦ ᓇᒥᐱᑎᔭᕐᓇᖅᑕᖅᑦ ᐃᓯᓚᖅᑕᕐᐱᒃᑎᔪᑦ ᓄᓇᒥ ᖃᐅᒃᖃᔨᐊᕐᒧᕐᒥᐊᒃᑲᓂᖅᓄᑦ ᐊᒻᒪ ᐃᒪᓚᖅᒥᐊᒃᑲᓂᖅᓄᑦ. ᑖᒪᒃᑯᐊ ᐱᑕᕐᑎᐅᔪᑦ ᐊᒻᒪ ᐊᓯᖏᑦ ᑕᐃᒪᐃᓚᖅᑎᐅᔪᑦ ᓇᒥᓄᓇᕐᓂᖅᓂᑦ ᑖᒃᑯᐊ ᐆᒪᔪᐃᑦ ᐃᓯᓚᖅᑕᕐᐱᒃᑎᔪᒪᓪᓚᑦ ᖃᐅᔨᒪᔭᐅᓚᐅᖅᑎᑦᑐᑦ.

ᓇᓛᕐᒧᓪᓗ ᐱᓪᓚᑎᐊᕐ ᓇᓂᓗᐃᓐᓈᓂᖅᐅᓯᕐᕗᔭᐃᑦ; ᐃᓱᓇᕐᒧᕐᒧᓐᓇᓂᖅᐅᓗ-ᑎᓗ ᐅᑭᐅᓚᑎᖅ ᑎᒥᖓ ᖃᐅᒪᓇᐅᒧᓐᓇᕐᒧᑦ; ᐅᐱᖕᖑᖓᓚᑐᐊᖑᑦ ᓇᖏᔪᖑᓗᑎᒃ ᕿᔪᖅᑭᐅᔪᓐᓇᓯᓗᑎᓗ ᐊᒻᒪ ᒪᐅᓂᖅ ᐃᓗᖕᓯᐃᑐᑎᒃ ᐱᔪᐊᓚᓗᑎᓗ.

ᐱᓪᓚᑎᐊᕐ ᓂᕿᖅ ᐱᔪᕐᒃᐱᑎᕙᖅᑕᖅᑕᓗ ᓇᔪᕐᐸᖅᑕᖅᑕᓗ ᖃᐅᔨᒪᔪᐅᓯᐊᖅᖢᑕ ᓄᓇᕐᓯᐊᒥ, ᖃᓪᓗᓂᐊᕐ ᑕᓪᓛᑦ ᐅᐸᒃᑐᒥᑦ ᖃᐅᔨᓴᕐᑕᖓᑎᐅᖃᕐᑕᖅᓯᒪᑎᓗᑦ Wood Buffalo National Park-ᒥ ᒥᕐᖑᐃᓴᕐᕕᖅ. ᑖᒃᑯᐊ ᖃᓪᓗᓂᐊᑦ ᐃᓱᓇᕐᓂᖅᑯᕐᓇᖅᑐᑦ ᐃᓯᓚᖅᑕᕐᐱᒃᑐᑦ ᐸᐊᕐ ᓯᒥ ᖃᓂᕐᓂ. ᑖᓯᒪ ᐊᐅᔭᐅᖅᑐᑎᕐᔪᖅ ᖃᓪᓗᓂᐊᑦ ᐊᑦᓱ-ᑕᓖᑦ ᐅᑭᐅᖅᑕᖅᓯ ᐃᒪ ᓯᓂᖅᓂᐊᓚᖅᑕᐅᓕᕐᒥ ᐅᑭᐅᓚᒦᑦ ᓅᕐᒥᐊᒃᑯᖓᕐᔪᐊᑦ ᐅᑭᐅᓚᒦᒥ ᓯᓂᖅ-ᓂᐊᓚᖅ ᓇᖓᓂᕐᒥᐅᔭᒥ ᓄᓇᒥ. ᐅᑭᐅᓚᒦᒥ ᓯᓂᐱᕐᒥᓂᐊᕐᑕᖅᑦ ᐅᖓᓯᖅᑐᖅᑲᓚᐅᓯᑦ ᐅᔭᕐᒥ ᓇᔪᕐᐸᖅᑕᖅᓂᖅ, ᐊᑦᓱᑕᓖᑦ ᓅᕐᒥᐊᒃᑯᖓᕐᔪᖅᑎᓯᑎᓛᑦ. ᐊᐅᔭᖃᕐᓗ ᓇᔪᕐᐸᖅᑕᖅ ᑕᑎᐅᖓᕐᒥᐊᖅᑐᖅ ᒪᔪ ᓄᓇ ᓂᕿᖅᑯᓂᖅᐅᔭᕐ ᐱᓪᓚᑎᐊᓂᖅ, ᖃᓪᓗᓂᑦ ᓂᕿᓗᐊᑕᐃᑦ.

ᐊᕐᓇᓪᓗᐃᑦ ᖃᓪᓗᓂᐊᑦ ᕿᑐᓐᖏᓚᕿᑖᓯᕐᔪᒪᓚᑦ ᖃᓪᓗᓂᐊᕐᕋᓃᒃ, ᑎᓯᒥᓐᖏᑕᒥᓂ, ᐅᑭᐊᒃᓯᒥᐊᓕᕐᖏᓪᓗᒍ ᐅᑭᐊᒃᓵᒥ ᓘᓐᓃᑦ. ᕿᑐᓐᖏᔭᖏᑦ ᒥᑭᓂᖕᖑᐅᓰᑦ ᑳᓪᓗᓇᑦ ᓄᓇᖓᓐᓂ ᕿᑐᓐᖏᐅᕐᑕᖏᓐᓂᒃ ᖃᓪᓗᓂᐊᑦ, ᑭᓯᐊᓂᓛᒃ ᐊᖏᔪᑲᓪᓚᐱᓗᖏᔪᑦ ᐃᓄᒃᑖᑦ ᐊᑕᐅᓯᐅᒍᑎᒃ. ᐊᕐᓇᓪᓗᐃᑦ ᖃᓪᓗᓂᐊᑦ ᐃᕐᓂᐅᕆᑖᕐᑐᒥᓂᐅᓪᓗᑎᒃ ᓯᓂᒥᐊᓯᓰᖕᖑᔪᑦ ᓯᓂᕐᓂᐊᕆᒥᒃ ᐅᑭᐅᓚᓘᕐ. ᕿᑐᓐᖏᐅᓯᖕᖑᔪᑦ ᐊᕐᕕᒍᒥᒃ ᐊᓪᓗᐃᓪᓗᑎᒃ ᖃᐃᕆᓯᒪᓐᖏᓗᐊᕐᓂᖏᓐᓄᑦ, ᐊᓪᓛᑦ ᐃᓛᕐᓂᒃᑯᑦ ᐊᕐᕕᒍᕐᓂᒃ ᒪᖑᓗᐊᕐᔪᕐᓂᒃ ᐊᓪᓗᐃᓰᑦ. ᐋᐅᓯᕐ ᓯᐱᑭᕐᓂᖑᓄᑦ ᖃᓪᓗᓂᐊᑦ ᐅᓄᕐᓂᖏᕐᓄᑦ ᐊᑐᐃᓯᒪᓂᖃᕐᐳᕐ.

OCCASIONAL PAPERS OF THE PRINCE OF WALES NORTHERN HERITAGE CENTRE
No. 3 (1988) P. 17 - 29

SINKHOLES, SWALLOW HOLES AND SUNKEN VALLEYS: THE GYPSUM KARSTLANDS OF WOOD BUFFALO NATIONAL PARK

John A. Brophy

SUMMARY

In the Needle Lake and Parson areas of Wood Buffalo National Park, visitors can see outstanding examples of the landforms created by karst processes. These crater-like depressions (sinkholes), sunken valleys, caves and domal structures are caused mainly by the interaction of ground waters and soluble evaporitic rock, such as gypsum.

The evaporites at Wood Buffalo were deposited from a salt-saturated, shallow continental sea that occupied much of western Canada during the Devonian Period, around 400 million years ago. The karst landscapes were formed during the past 10 000 years, as these long-buried evaporites were dissolved by groundwater flow. Today, they have an ecological impact on humans as well as on certain species of fish, fowl, snake and bat.

INTRODUCTION

Wood Buffalo National Park straddles the Alberta-Northwest Territories border south of Great Slave Lake, and is accessible by road via the Mackenzie Highway System, and by air through Fort Smith and Fort Chipewyan (Figure 1). It encompasses almost 45 000 km^2 of poorly drained plain covered by forests, grasslands, muskeg and an abundance of meandering streams, shallow lakes and bogs.

Despite this rather austere setting, there are several reasons why Wood Buffalo was recently inducted into the ranks of World Heritage Sites together with the Great Pyramids of Egypt, Niagara Falls of Ontario and the Taj Mahal of India. The largest national park in Canada and one of the most extensive in the world, Wood Buffalo is home to a sizeable free-roaming herd of bison. It encloses the world's only nesting grounds of the near-extinct whooping crane, and is one of the few places peregrine falcons of the endangered *anatum* subspecies still breed. The vast freshwater delta where the Peace and Athabasca rivers converge is yet another major attraction.

But one of Wood Buffalo's greatest curiosities is perhaps the least known. The park's examples of a phenomenon known as gypsum karst topography (Parks Canada 1985) are among the finest in the world. This paper is offered to explain the origins, formation, appearance and ecological impact of this unique landform.

Figure 1
Index map of Wood Buffalo National Park, showing the areas referred to in this paper.

THE GYPSUM KARSTLANDS

Formation of Karst Dissolution Structures

> *Suddenly we could hear the sound of falling rock. We decided to head back up, and within seconds, rocks the size of desks came tumbling from the ceiling behind us." (Dickie 1984)*

This brush with death, described by park naturalist Bob Lewis, took place in one of the gypsum karstlands of Wood Buffalo National Park, a land pockmarked with crater-like depressions and riddled by a network of underground caves like the one that almost claimed Bob Lewis' life.

The surface features of gypsum karstlands throughout the world are controlled by subterranean processes. This is because gypsum (hydrated calcium sulphate, $CaSO_4$ $2H_2O$), is a soluble rock, belonging to a class known as evaporites (Kendall 1979). Halite (common table salt, NaCl) is another evaporite. Anyone who has used salt can attest that evaporites dissolve readily in water.

In Wood Buffalo Park, tracts of land measuring thousands of square kilometres are underlain by gypsum and related evaporites. The most dramatic karst topography develops where beds of gypsum, which in the park can be as much as 100 m thick, are overlain by a thin veneer of less soluble rock, such as limestone. This protects the gypsum from being dissolved by rainwater, and serves as a buttress to temporarily shelter the structures being formed below. Most of these structures begin to take shape when the beds of gypsum are affected by groundwater, which is capable of dissolving the evaporitic layers.

Groundwater tends to be channelled laterally along the interface between the gypsum and the overlying limestone. It is here much of the dissolution takes place. Where water is channelled vertically into the systems of fissures that commonly cut through limestone and gypsum beds, even more gypsum dissolves, and parts of such systems enlarge and join together to form a subterranean void or cavern. Several of these voids may in turn be connected by a system of tunnels, which are formed by fissures that have been only slightly enlarged.

As the base of the overlying limestone is no longer supported by a gypsum cushion, blocks of it fall from the ceiling of the cavern to its floor. By this process, known as stoping, the cavity slowly migrates towards the surface. It eventually breaks through and forms one of the crater-like depressions, called sinkholes, that freckle the surface of gypsum karstlands and are their most distinctive feature (Figure 2). The stages of sinkhole development described above are summarized diagrammatically in Figure 3.

In Wood Buffalo Park, well-developed sinkholes are reasonably accessible in two main locations - the Needle Lake and Parson areas.

The Needle Lake and Parson Karst Areas

The Needle Lake karst area lies in the northernmost part of Wood Buffalo Park in a zone extending from the Angus Fire Lookout on Highway 5, southwest to Needle Lake (Figure 1). One sinkhole, large enough to hold several houses, can be viewed from the picnic site at the Angus Fire Lookout. Other sinkholes are accessible by means of a trail that strikes southwest to Needle Lake from a point

Figure 2
Sinkhole in Wood Buffalo National Park. The fallen trees around the perimeter of the sinkhole attest to recent formation or enlargement of the structure. (Parks Canada).

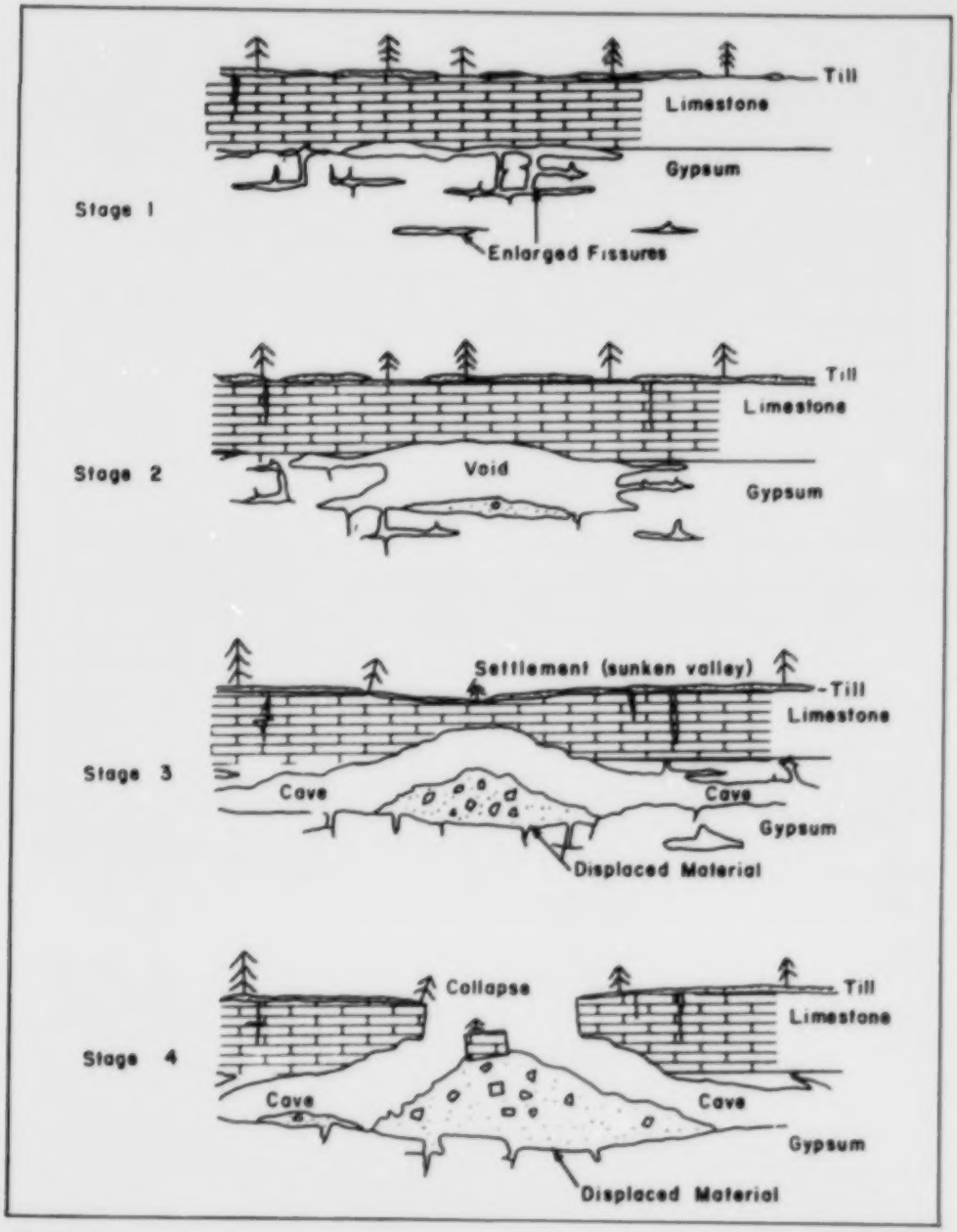

Figure 3
Stages in the development of a sinkhole (Tsui 1982).
Stage 1: Groundwaters dissolve gypsum along fissures and at the gypsum-limestone interface.
Stage 2: Enlarged fissures coalesce to form a void.
Stage 3: Void migrates towards the surface by stoping of the overlying limestone. The ground surface may subside to form a sunken valley.
Stage 4: Void breaks through surface to form a sinkhole.

on Highway 5, several kilometres north of the Nyarling River. Some of the sinkholes in this area are as much as 60 m deep. The Nyarling River itself flows for 16 subterranean kilometres through a network of karst openings. The trail also gives access to sunken valleys, another feature of gypsum karst terrain. The valleys form when the dissolution of gypsum along underground fissure systems causes overlying rocks to sag down or subside (see stage 3 of Figure 3). Such areas are likely to develop new sinkholes.

The second zone of well-developed karst topography in the park extends in a broad belt parallel to the Salt River, from the falls on the Little Buffalo River in the north to the vicinity of Rainbow Lake in the south (Figure 1). Much of this area is accessible via the Parson Road, a seasonal link between Highway 5 and the highway that joins Fort Smith and Peace Point.

Figure 4, an aerial photo covering about 16 km^2 southeast of Rainbow Lake, shows over 50 circular sinkholes, ranging in diameter up to 125 m. In the northwest quadrant of the photo, several large sinkholes are aligned to a northwest trend, with shadowy areas between them suggesting the presence of a sunken valley. The sinkholes probably formed in spots where groundwater dramatically widened an underground fissure system. The sunken valley was likely formed as rocks subsided into the tunnels that linked the sinkholes. In at least one of these sinkholes, there is a smooth-textured pattern betraying the presence of water in the basin. It is possible to see how these sinkholes could join to form a long, shallow, northwest-trending lake. Many narrow lakes in the gypsum karstlands of Wood Buffalo Park were probably formed in this way, including Needle Lake. Such coalescing sinkholes might also have formed Wood Buffalo's deep, sunken valleys - called double-blind valleys because they have no obvious inlet or outlet.

In the Parson area, karst landforms are similar to the ones at Needle Lake. A 40 m escarpment southwest of Salt Creek is thought to be the shoreline of an ancient lake that once occupied a basin extending from Great Bear Lake through Great Slave to Lake Athabasca (Craig 1965). To the northeast of this scarp, in the flats traversed by the Salt River, lie Wood Buffalo's famous salt plains. Formed by briny springs that discharge near the base of the escarpment depositing mounds of salt up to a metre high, the salt plains nurture a profusion of saline-tolerant plants and form the nesting grounds and staging habitat of numerous waterfowl species. They are ecologically and geologically unique in Canada.

The formation of these salt plains is probably directly attributable to karst processes. Gypsum is closely associated with salt deposits. Salt is known to occur in some of the gypsum beds in the Wood Buffalo region. Groundwater in the Parson area is known to flow from the Caribou Mountains, southwest of the park (Figure 1), towards the escarpment in the northeast. Evidence suggests that underground streams dissolve salt in the evaporitic formations and transport it to the base of the escarpment where it is deposited onto the plain and reworked by surface streams (Tsui 1982).

The Salt River itself has a minor claim to fame. On June 17th, 1981, it suddenly disappeared into an opening called a swallow hole and resurfaced a kilometre downstream after flowing through an underground system of karst tunnels (Tsui 1982; see also Figure 5). The Little Buffalo River suffered a similar fate the following month. Actually, both rivers flow mainly underground; what we see on the surface is really overflow. In times of low flow, during droughts for

Figure 4
Aerial photo showing a 16 km² zone in the Parson area riddled with circular collapse structures (sinkholes). (National Air Photo Library, Ottawa).

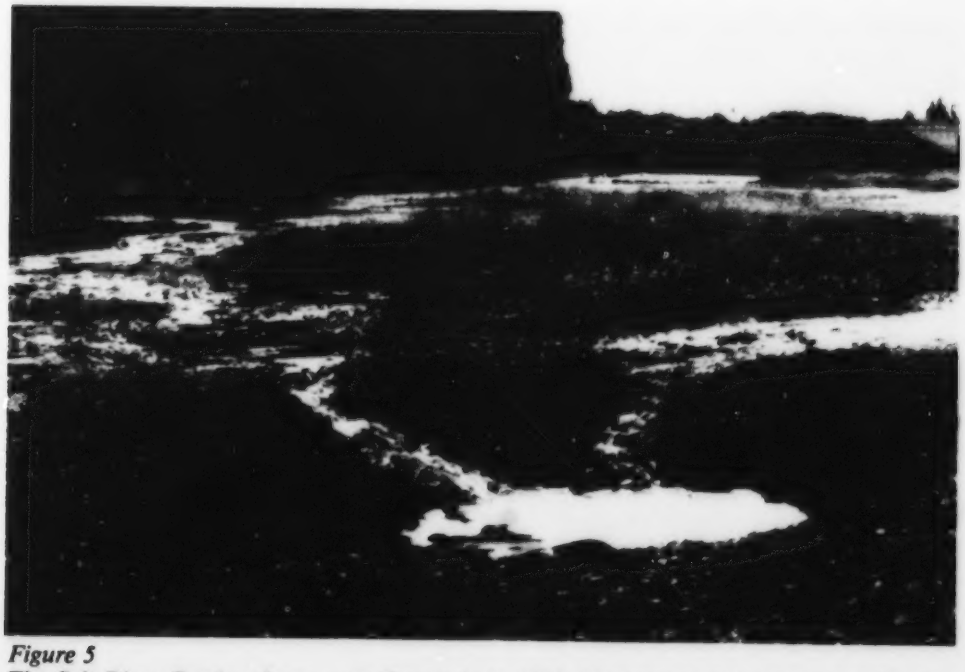

Figure 5
The Salt River flowing down a swallow hole in 1982. Highway 5 in background. (Parks Canada).

example, the levels of the subterranean rivers are lowered, and their overflow drains into swallow holes.

In the vicinity of the south Salt River bridge, Tsui (1982) has documented dome-like (or anticlinal) structures he believes were formed by a process called hydration of anhydrite. Anhydrite ($CaSO_4$) is another kind of evaporite, chemically similar to gypsum except that it lacks two water molecules. Anhydrite is unstable under near-surface conditions and will convert to gypsum in the presence of water. The conversion is accompanied by a volume increase of as much as 50% (Deer *et al.* 1977). The effects of this expansion can be quick and dramatic, as illustrated by this account of an incident in Texas:

> *One afternoon in 1954, seven miles north of Moran, Texas, a farmer plowing heard an explosion and saw a cloud of dust and debris at a distance. He later found that 1 000 feet of stream channel along Deep Creek had erupted upward as much as 20 feet and scattered rock fragments over the surrounding countryside (Brune 1965).*

Another example of the speed of the hydration process comes from northern Italy, where the concrete lining of a tunnel was fractured and destroyed within 10 years by expanding anhydrite (Tsui 1982).

In vast, remote Wood Buffalo National Park, it is unlikely that anyone has encountered such dramatic examples. Yet the anhydrite hydration process does appear to be taking place, if Tsui's interpretation of the structure at the south Salt River bridge is correct. He proposes that the domed shape of the structure, sketched in Figure 6, was caused by the upwelling force generated when underlying anhydrite expanded on conversion to gypsum.

To sum up, gypsum karst topography owes its existence to the interaction of water and evaporites. Depending on the conditions of their interaction and the identity of the evaporite, the water may trigger forces that either deflate or inflate the land. The result is a landscape dominated by such features as sinkholes, anticlinal domes, swallow holes and blind and sunken valleys. It should be emphasized that the karst features we see in the park today were formed only recently by geological standards - certainly after the retreat of the last glaciers, less than 10 000 years ago. Some of the sinkholes are very modern, as indicated by dead trees in their floors and tilted trees around their perimeters. Some have probably formed during our lifetime. But the evaporites that host the karst features were laid down during the Devonian Period, some 400 million years ago. To fully understand the karst landscape, we must journey back to the Devonian and review the origin of the evaporites.

Origin of the Evaporites

Four hundred million years ago, during the Devonian Period, Canada looked different from what it does today. British Columbia and the Arctic Archipelago had not yet been formed. The land lay farther south than Canada is now, and was probably attached to a larger continent that has since fragmented. To the north of what is now Wood Buffalo National Park, a barrier reef protected the land from the ocean. On the landward side, there was probably a basin. The basin was filled by water from the ocean which either seeped through, or periodically overflowed, the reef (Kendall 1979).

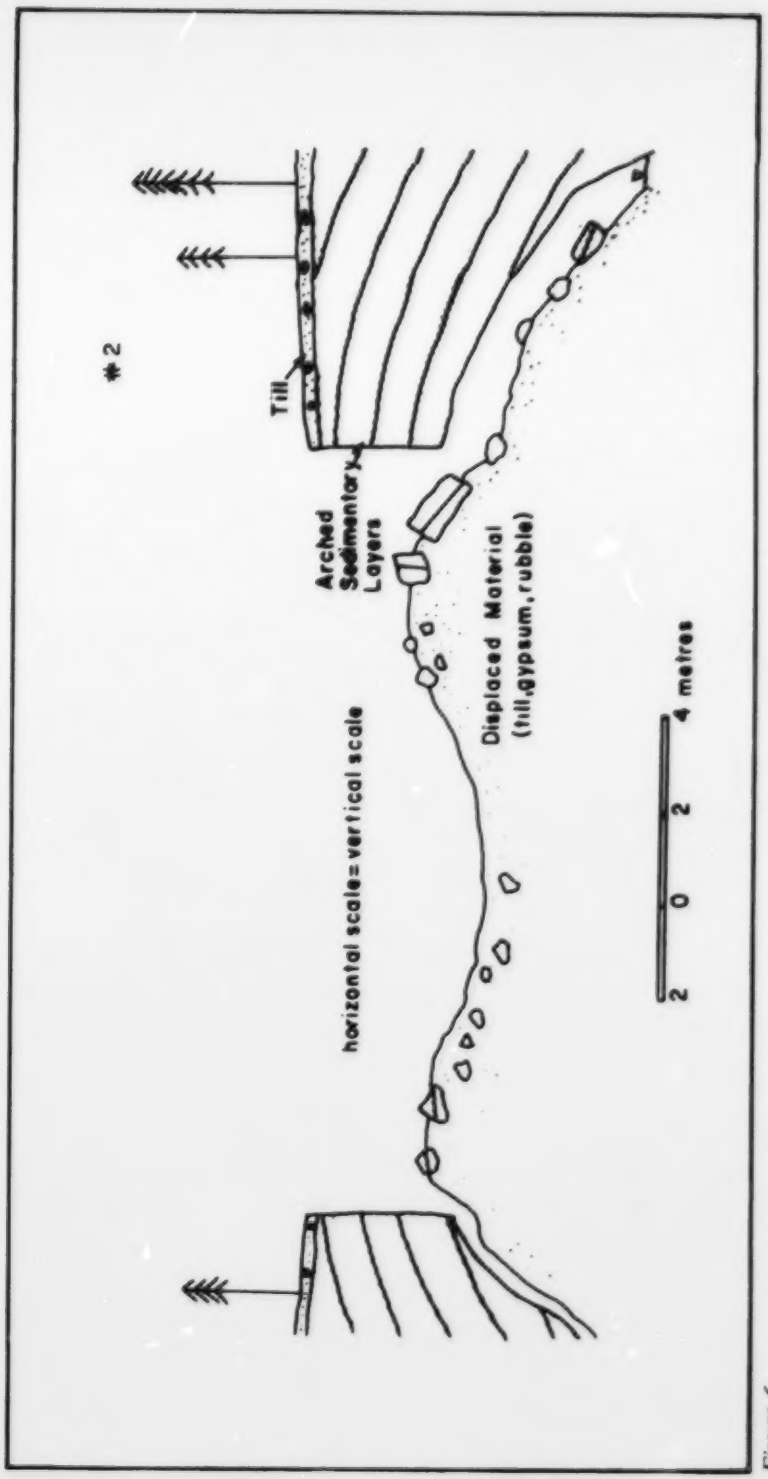

Figure 6
Sketch of a domal structure near the south Salt River bridge (Tsui 1982).

The water in this shallow inland basin - an epeiric sea - began to evaporate, and various salts were progressively concentrated. Eventually, the epeiric sea became a saturated brine that could no longer hold its burden of salts, and a steady rain of evaporite crystals sank to form a blanket on the sea floor.

The waters of the epeiric sea were probably refreshed by many incursions of oceanic water, followed by cycles of evaporation, which accounts for the thick succession of evaporitic strata now present in the park. But there came a time when the fluctuating ocean decisively overrode the barrier reef. It inundated the land, ending the cycles of evaporite deposition and establishing conditions under which such deeper-water sediments as limestone and dolostone were deposited on top of the evaporites.

As millions of years passed, the evaporite beds of Wood Buffalo were buried beneath hundreds of metres of other sedimentary rocks. Occasionally the land emerged from the sea, and some of these capping rocks were eroded. The land repeatedly became submerged, and new sediments were added to the pile. Only in geologically recent times have the evaporite beds been at, or near, the surface, where they interact with groundwater to form the karst features we see today.

Ecological Impact of Gypsum Karst Processes

As has been mentioned, gypsum karst processes were probably responsible for the development of Wood Buffalo's salt plains - nesting ground and habitat of numerous bird species. Other interesting ecological phenomena can also be directly attributed to the karst landforms. Nelson and Paetz (1974) have documented four species of fish in a sinkhole accessible only through an underground channel. Four species of bats hibernate during the winter in caves in the park, and the red-sided garter snake has adapted by hibernating beneath the frost line in karst formations (Parks Canada 1985). *(For more on garter snakes in Wood Buffalo National Park, see the following paper by Karl W. Larsen and Patrick T. Gregory. - The Editors)*

Because the area is so sparsely populated, the impact of Wood Buffalo's karst processes on human ecology has not been profound. However, planners of future park development must take into consideration the dangers of karstland. Bob Lewis' near-fatal experience should serve as warning to spelunkers and curious tourists who are tempted to explore the underground labyrinth of caves. The public must be informed of such dangers, and measures taken to identify and secure the most accessible cave entrances.

Of almost 1 200 km^2 of gypsum karstland studied by Tsui in the Parson area, almost half is underlain by sinkholes, sunken valleys, anticlinal domes and other structures that indicate unsettled land. Any future buildings constructed in the park should be carefully sited to avoid areas where there are signs of karst structures. If not, their foundations may sag with the subsiding land or, worse, a building and its occupants might take a short trip to the bottom of a cave via a new sinkhole. Although the chances of an explosion of the sort witnessed by the Texas farmer are extremely remote, signs of ground expansion due to hydration of anhydrite should be another concern to those who plan to build in the park. Finally, the convoluted and shifting groundwater flow system in the park means that great care will have to be taken to ensure that contaminating wastes are isolated from the hydrologic system.

John A. Brophy is Nahanni District Geologist with the Northern Affairs Program, Indian and Northern Affairs Canada, Yellowknife, N.W.T.

ACKNOWLEDGEMENTS

This paper could not have been completed wtthout the support of the Geology Division of the Northern Affairs Program, Yellowknife. I thank Bob Lewis (Parks Canada, Fort Smith) and Bob Gamble (Parks Canada, Yellowknife) for supplying me with information on the gypsum karstlands of Wood Buffalo National Park, including two of the photographs that illustrate this paper. I am grateful to Ms. Violet Landrigan of the Northern Affairs Program for typing the manuscript, and to the Drafting Services Department for preparing the diagrams.

REFERENCES

Brune, G.
1965 Anhydrite and gypsum problems in engineering geology. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists* 2: 26-38.

Craig, B.G.
1965 *Glacial Lake McConnell and the surficial geology of parts of Slave River and Redstone River map areas, District of Mackenzie.* Geological Survey of Canada Bulletin 122. Ottawa: Geological Survey of Canada.

Deer, W.A., R.A. Howie, and J. Zussman
1977 *An introduction to the rock-forming minerals.* London: Longman.

Dickie, B.
1984 The breathing rocks of Wood Buffalo. *Nature Canada,* (December): 41-42.

Kendall, A.C.
1979 Continental and supratidal (sabkha) evaporites. In *Facies models,* edited by R.G. Walker, pp. 159-174. Ottawa: Geological Association of Canada.

Nelson, J.S., and M.J. Paetz
1974 Evidence for underground movement of fishes in Wood Buffalo National Park, Canada, with notes on recent collections made in the park. *Canadian Field Naturalist* 88 (2): 157-162.

Parks Canada
1985 Wood Buffalo National Park management plan. Fort Smith, N.W.T., Canada Prairie Region, Parks Canada.

Tsui, P. Chow
1982 "Deformation, ground subsidence and slope movements along the Salt River Escarpment in Wood Buffalo National Park." M.Sc. thesis, University of Alberta, Edmonton.

OCCASIONAL PAPERS OF THE PRINCE OF WALES NORTHERN HERITAGE CENTRE
No. 3 (1988) P. . 31 - 51

AMPHIBIANS AND REPTILES IN THE NORTHWEST TERRITORIES

Karl W. Larsen and Patrick T. Gregory

SUMMARY

Species diversity of amphibians and reptiles decreases from the tropics towards the poles. Only five species (four frogs and one snake) occur in Canada's Northwest Territories, and only two (chorus frog and wood frog) range very far north.

Factors limiting the northern distribution of amphibians and reptiles are probably climatic. Short summers reduce the time available for feeding, growth and reproduction, while long, cold winters are a test of survival during which suitable hibernating sites must be available. Amphibian distributions are also limited by moisture and water availability. How these and other factors interact to restrict the range of any particular species is not known.

The wood frog is the most widespread northern amphibian. It can tolerate winter temperatures so low its body freezes and returns to an active state in time for early spring breeding, producing rapid-developing eggs and tadpoles.

While the ecology of the frogs of the N.W.T. is relatively unknown, the red-sided garter snake has been intensively studied in Wood Buffalo National Park. This snake reaches the northern limit of its range near Fort Smith. A major feature of its annual cycle is communal hibernation, which may occur because suitable sites for hibernation are fairly rare. Communal hibernacula are often located several kilometres from summer habitats, making annual migrations necessary. Summer habitats are usually freshwater marshes, where frogs, the usual prey of snakes, are abundant.

Female garter snakes bear live young, usually away from the den, in late summer or early fall. Brood sizes are smaller than those of southern snakes, but individual newborn young are large. Females enter hibernation shortly after giving birth. They cannot provide themselves with enough nutrients to reproduce again the next year, and instead reproduce every two years, or even less frequently. The shortness of the active season therefore has important consequences for the population dynamics of these snakes.

INTRODUCTION

Latitudinal trends in species diversity occur in most major groups of animals and plants (Pianka 1978). There is usually a decline in the number of species from the tropics towards the poles. A general explanation for this may

well exist, but the specific factors limiting distribution and abundance vary among taxonomic groups.

Amongst amphibians and reptiles, the decrease in species towards the poles is particularly obvious. Recent figures indicate that Guiana, Sinaloa (Mexico), California, Washington State, British Columbia and Alaska have 408, 137, 130, 43, 34 and seven species respectively. Despite differences in the sizes of these areas, this is a strong trend.

Explanations of the low number of amphibian and reptile species at high latitudes have usually focussed on climate. This is because amphibians and reptiles are ectotherms: their body temperature is governed more by external factors, such as sunlight, than by metabolism. Although these animals can sometimes maintain relatively high and constant body heat somewhat independent of ambient temperatures, they can do so only over a limited range of conditions; they must avoid extreme cold.

More species of amphibians and reptiles are found farther north in Scandinavia (including north of the Arctic Circle) than in North America, because the Scandinavian climate is significantly moderated by the North Atlantic current. Most species in Alaska are found near the coast (Hodge 1976), which has a more moderate climate than the interior. Of these, most are also restricted to the Panhandle, which is relatively far south.

Most amphibians lay their eggs in water. Since these eggs become desiccated more easily than those of reptiles, the distribution of amphibians is greatly affected by rainfall as well as by the availability of lakes, ponds or streams.

In fact, amphibians and reptiles are very different from one another, but they are often found in similar places, and sometimes studied by the same people (herpetologists). The 85 species known to occur in Canada are spread mainly along the southern border of the country. None are uniquely Canadian. Scientists know relatively little about the biology of these animals in Canada, especially in northern regions. Hodge's (1976) book is the only significant publication that attempts to bring together what is known about amphibians and reptiles in northern North America, and we recommend it as a useful introduction to the subject. Cook (1984) also provides a general review of amphibians and reptiles of Canada.

Our objectives here are to describe some general features of the amphibian and reptile fauna of the Northwest Territories and to discuss how climate may affect the ecology of these animals. Our major emphasis is on the red-sided garter snake, which we have studied for three years in Wood Buffalo National Park.

THE AMPHIBIANS AND REPTILES OF THE NORTHWEST TERRITORIES

There are several different kinds of amphibians and reptiles in the world. Some, such as apodans (elongate, legless amphibians), and alligators and crocodiles (reptiles) are restricted to the tropics and subtropics. Salamanders, frogs and toads (amphibians) and turtles, lizards and snakes (reptiles) all occur in the temperate zones, sometimes at fairly high latitudes (Hodge 1976). Only frogs, toads and snakes are represented in the fauna of the N.W.T. All are found

in forested regions; none occur in the eastern N.W.T. which is continuous tundra.

Four species of frogs and one of snakes have been recorded north of 60° latitude. They are the wood frog *(Rana sylvatica)*, the northern leopard frog *(Rana pipiens)*, the boreal chorus frog *(Pseudacris triseriata maculata)*, the Canadian toad *(Bufo hemiophrys americanus)* and the red-sided garter snake *(Thamnophis sirtalis parietalis)*. Figures 1 and 2 show these species; their northern ranges are summarized in Figure 3. The American toad *(Bufo americanus americanus)*, a close relative of the Canadian toad, technically occurs in the N.W.T.; however, it lives on the islands of southern James Bay, and we consider it to be outside the focus of this paper.

Only the chorus frog and wood frog have substantial distributions in the N.W.T. The wood frog is by far the most widespread northern species, reaching almost to the Arctic Ocean along the Mackenzie Valley in the western N.W.T., and about as far north in Alaska (Hodge 1976). The limit of its distribution essentially coincides with the treeline.

Although frog life cycles vary greatly - ranging from completely terrestrial to completely aquatic - most of this variation is restricted to tropical species. All northern frogs exhibit similar life cycles. Males attract females by means of species-specific mating calls, usually given at night in spring or early summer. Mating takes place in the water. Fertilization is external; eggs and sperm are expelled at the same time into the water, where they unite. The shape and size of the mass of fertilized eggs varies among species. Hatching takes from a few days to two weeks, depending on species and water temperature. After hatching, the young spend the first part of their lives as aquatic larvae (tadpoles), feeding mainly on such plant material as algae. Towards the end of summer, the tadpoles' anatomy and physiology are radically reorganized and they transform into miniature replicas of adults. These juveniles become semi-terrestrial, and feed on abundant summer insects.

The timing of life cycle events varies among species. The wood frog is the first to breed, beginning as soon as ice disappears from ponds - from late April to early May in interior Alaska. The Canadian toad, by contrast, breeds around mid-June in Wood Buffalo National Park. The length of time spent in various stages depends on environmental conditions, especially temperature. Tadpoles of all species grow faster in warmer water. We do not know how long it takes juveniles to grow to sexual maturity, but it presumably takes at least a year. All four frog species in the N.W.T. are terrestrial to a great degree, but the leopard frog is more aquatic as an adult than the other three.

Reptiles have less complex life cycles than most amphibians. In the temperate zones, snakes usually mate in the spring following hibernation. Fertilization is internal; the male transfers sperm into the cloacal (anal) opening of the female, using an organ called a hemipenis. Each male snake has two hemipenes, housed in the base of the tail. Females of some species lay eggs in midsummer (usually burying them in soil or rotting wood) then leaving them to hatch on their own; hatching usually occurs in late summer. Other snake species retain their eggs within their bodies and give birth to live young in late summer. In both cases, the young snakes are small versions of the adults and do not receive any care from their parents.

Figure 1
Amphibians of the Northwest Territories. Upper left: wood frogs mating. Upper right: boreal chorus frog. Bottom left: northern leopard frog. Bottom right: Canadian toad. (Wood Buffalo National Park/K.W. Larsen; northern leopard frog, Delta Marsh, Manitoba/D.R. Farr).

Figure 2
The red-sided garter snake: a large female basking in a marsh. (Wood Buffalo National Park/K.W. Larsen).

Figure 3
Distributions of amphibians and reptiles in the N.W.T. (after Cook 1984).
Hatched lines represent the wood frog, crosses the boreal chorus frog and shading the northern leopard frog. The northern limit of Canadian toads and red-sided garter snakes is shown by large dot (Fort Smith); in both species, the range continues south, but this has been left out to reduce clutter in the figure. For other details of distributions, see Hodge (1976) and Cook (1984).

The red-sided garter snake is a live-bearing snake, a geographic race of the most widespread species of North American snake, and the only snake found in much of the northern part of its range. Its ecology is discussed in detail later in this paper.

Climate as a Limiting Factor

All the N.W.T.'s amphibian and reptile species have wide geographic ranges that extend into lower latitudes. We therefore are able to make comparisons with more southerly populations to identify the limiting factors on these species.

The factors limiting amphibians and reptiles differ. Two important, but not mutually exclusive, aspects of climate that affect the ecology of northern snakes are short summers and long, cold winters. Northern summers are not only short, but quite variable; they may often be of poor quality for ectotherms like snakes. Northern frogs are affected by the same factors, but they may be even more strongly influenced by moisture conditions. We do not yet know exactly how climate and other factors interact to limit the distribution and abundance of northern amphibians and reptiles, but we can discuss some likely possibilities.

In amphibians and reptiles, body temperature varies with ambient conditions. In turn, metabolic rates, and presumably the potential for activity, vary with body temperature. The details of the metabolic rate/temperature relationship vary from case to case but, generally speaking, amphibians and reptiles are more active when warm than when cold. There is ample evidence, however, that many species are able to make some adjustment (acclimatization) to cool conditions by increasing their metabolic rate and remaining active.

The full range of possible metabolic adjustments to cold, their biochemical bases and their variations with climate have yet to be determined (see Davies *et al.* 1981; Gregory 1982; Manis and Claussen 1986). One might expect them to be well developed in northern species, which encounter cool conditions frequently, especially at the beginning and end of the active season. In fact, northern amphibians and reptiles generally become active at lower temperatures than species from warmer climates do.

Short, cool activity seasons have demographic consequences for animals because they limit the time available for foraging. This indirectly influences growth rates, reproductive output and survival. Limitations are placed on the time available for embryonic and larval development, so some amphibians have larval periods that extend from one year to the next; none of the frog species in the N.W.T., however, is known to require more than one summer for larval development. The need for overwintering of larvae is not likely an obstacle to the colonization of northern environments, since frog species in cold, high-altitude environments may also exhibit this behaviour (Bradford 1983). In fact, the most widespread northern amphibian, the wood frog, exhibits very rapid development. Its eggs are very tolerant of low temperatures in spring, and their rate of development is responsive to small increases in temperature. In addition, many wood frog females lay their eggs at the same place. A communal egg mass has a higher capacity for heat retention than an isolated clump does, and this may further enhance rates of development (Waldman and Ryan 1983). Larval development is also relatively fast; in interior Alaska, wood frogs require only 53 to 78 days from hatching to

metamorphosis (Herreid and Kinney 1967). These features of egg and larval development in wood frogs correlate well with their northern distribution.

The development of embryonic reptiles generally takes longer. A very short summer may not allow a brood of young to be produced at all, unless the young can overwinter successfully at some stage of embryonic development; this ability is rare in reptiles, and unknown in snakes. Northern snakes, including the red-sided garter snake, tend to be live-bearing rather than egg-laying species. It may be that live-bearing females can influence the rate of development of their young through regulation of their own body temperature. An egg-laying snake, on the other hand, leaves its eggs to depend on environmental temperature for their development. There may be, however, costs as well as benefits with bearing live young. Gravid (= pregnant) females are not very mobile, feeding little, if at all, while in this condition. They rely on stored abdominal fat, which is depleted by the time they give birth. In order to reproduce again the next year, they must replace these lost fat reserves. When the activity season is very short, there is little or no time to feed before hibernation, so that the next active season must be used for feeding. In consequence, live-bearing snakes in environments with short (or unproductive) activity seasons often have reproductive cycles that extend for two or more years. Clearly, there must be an upper limit to how long such cycles can be, before populations will have difficulty in perpetuating themselves.

In winter, reptiles and amphibians must find shelter from lethal temperatures. While hibernating, their body temperatures and metabolic rates are low, so energy stores are used slowly through the long months of winter.

Although we know little about the specific conditions required by these species during hibernation, the availability of hibernating sites can be a limiting factor for northern amphibians and reptiles. At very high latitudes or altitudes, successful winter survival presumably becomes impossible, although the point at which this is reached varies from species to species. Leopard frogs in the N.W.T. probably hibernate underwater, as they do elsewhere (Emery *et al.* 1972). The length of winters could be a critical factor for aquatic hibernators, even though their metabolism is slowed down as oxygen content can be very low in water that is covered by ice. Winter kills due to oxygen depletion are known in other species of aquatic hibernating frogs (Bradford 1983). Stewart (personal communication) indicates that leopard frogs in Manitoba pass the winter in large lakes and flowing streams, in which oxygen levels do not normally drop very low.

The remaining species of frogs in the N.W.T. probably hibernate on land. The Canadian toad hibernates in Minnesota by burrowing as much as 80 cm into soft earth mounds (Kelleher and Tester 1969). Although it is capable of surviving a few weeks' exposure to temperatures just below the freezing point of water, the toad is not able to survive being frozen itself. This species is presumably restricted to areas where it can dig effectively and where the ground freezes only to relatively shallow depths.

Wood frogs are able to use a wider range of terrestrial sites, requiring only a shallow depression dug among dead vegetation and leaf litter, with snow for insulation. The key to their survival seems to be an ability to lower the freezing point of their bodies so they may tolerate whole-body freezing (-2^{o}C to -4^{o}C) for up to two weeks (Storey and Storey 1986). Only the fluid outside their cells freezes; the cells themselves are protected from freezing and its

damaging effects by high concentrations of glucose, whose production is triggered by the initiation of freezing in body extremities (Storey and Storey 1986). Chorus frogs have similar mechanisms for surviving in cold. The ability of wood frogs and chorus frogs to cope with cold seems to explain their wide distribution in the North. Even so, hibernation is a risky necessity, and wood frogs sometimes suffer very high mortality in winter.

Garter snakes also hibernate on land, but they are not known to tolerate freezing, nor are they able to excavate their own hibernating quarters. We do not know exactly how far underground snakes hibernate, but it seems to be at least one metre in the North. They must use existing cavities to escape lethal temperatures. Hibernating sites for garter snakes seem relatively rare in the North. These sites are often widely separated from summer habitats, forcing snakes to migrate long distances each spring and fall. Suitable summer habitats and winter quarters may sometimes be far apart; local distribution of snakes is therefore patchy. The scarcity of hibernating sites could explain the phenomenon of communal denning, common in northern snakes, since the few sites available will be used by many individuals.

THE ECOLOGY OF THE RED-SIDED GARTER SNAKE IN WOOD BUFFALO NATIONAL PARK

From 1983 to 1985 we studied a population of red-sided garter snakes in Wood Buffalo National Park. Although our study was done in extreme northern Alberta, its findings are applicable to snakes in the N.W.T. Our aims were to describe the general ecology of these northern snakes, and to obtain data that would allow us to compare these populations with southern ones. This section is an overview of the ecology of northern red-sided garter snakes. Detailed findings on particular aspects of this study will be the focus of further technical papers in the future.

Spring Emergence and Mating

The Salt River den in Wood Buffalo National Park was the focal point of our study, although some work was done at other dens in the same area. The Salt River den is a collapsed limestone sinkhole used as a winter den by garter snakes each year.

The males in the Salt River den are the first to emerge in the spring. During the spring periods of 1983, 1984 and 1985, males were first seen above ground from mid-April to early May. It is not known what stimulates them to emerge. One hypothesis is the spring warming trend causes the surface to become warmer than the sub-surface and the change is detected by the snakes, which begin to move upward. We are not certain why only males emerge early, unless they tend to hibernate closer to the surface than females do, and are therefore first to detect the gradient change. It is clear, however, that high body temperatures are not necessary for snakes to begin emerging. Snakes emerging from the Salt River den sometimes had cloacal temperatures as low as 0.5^{o}C.

Newly emerged snakes basked in the sun at sites near the den, raising their body temperatures markedly. On one occasion, air temperature at the Salt River den was approximately 6^{o}C, yet males on the surface were able to attain

body temperatures over 18°C. It is important that emerging snakes be able to do this because they are particularly vulnerable when cold. Cold snakes often curl up when disturbed, and may lunge at the intruder in a rather uncoordinated fashion.

Males continue to emerge from the den for the first few days, returning in mid-afternoon when temperatures begin to drop. This trend persists until daytime temperatures reach the mid-teens, at which point females begin to emerge, a few at a time, over a two-week period.

Garter snakes mate when a pheromone (a chemical that acts as a sexual attractant) passes through the skin of females and is detected by the males. Each female is usually courted by a large number of males, and the result is a writhing mass of snakes known as a "mating ball" (Figure 4). One male succeeds in mating with the female, at which point the unsuccessful males leave in search of other females. Following insemination, a gelatinous plug appears in the cloacal opening of the female. A chemical in this plug renders the female unattractive to other males. The details of this mating behaviour are reviewed by Crews and Gartska (1982).

Following copulation, females leave the vicinity of the den almost immediately. Mated females from the Salt River den spend one or two days nearby if the weather is cold, but then leave the denning area. Males, on the other hand, remain at the den until most of the females have left.

Mating at the Salt River den reaches a peak for one or two days near the middle of the spring activity period, after which the number of females emerging begins to decline. Fewer males return into the den each day. Instead, they began to move away from the area, spending now-milder nights under logs or leaf litter. Soon no snakes remain at the den. The total period of activity in the vicinity of the Salt River den is shorter than that reported at dens farther south (for example, about 1.5 months in Manitoba, Gregory 1977). This may be an effect of the relatively short summer in Wood Buffalo Park.

The number of snakes using the den each year was estimated at 500, mostly adults of which 60% were males. Newborn snakes were rare at the den; we do not know where very young snakes hibernate.

Migration and Feeding

To obtain feeding data, we induced snakes to regurgitate their prey by gently palpating their stomachs. Snakes seem unharmed by this and are able to feed again immediately. In Wood Buffalo National Park, red-sided garter snakes feed mainly on wood frogs and chorus frogs (Figure 5). During the summer months snakes are usually found near freshwater bodies where frogs occur.

Although water is fairly abundant near the Salt River den, most of it is saline and avoided by frogs, so snakes must travel from the den to freshwater marshes, making a return migration in the fall. In the spring, large numbers of snakes can be seen crossing a road near the Salt River den, usually heading in an easterly direction. A reverse situation occurs in the fall, suggesting a strong, directional movement similar to that reported in Manitoba (Gregory and Stewart 1975). Crossing the road is risky for snakes, and many are killed by cars each year.

Figure 4
A garter snake "mating ball" at the Salt River den, Wood Buffalo National Park. The large female (whose head can be seen extending from the ball) is mobbed by males, each attempting to mate with her. (K.W. Larsen).

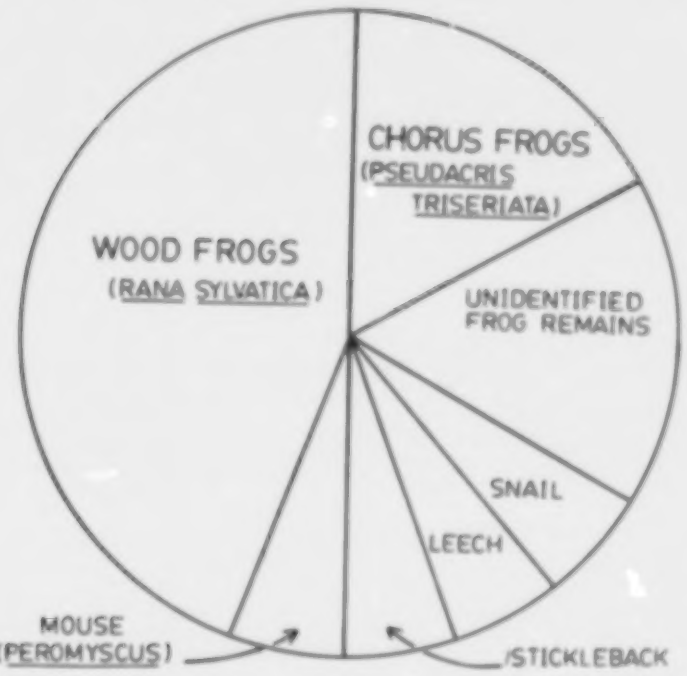

Figure 5
Proportions of prey items obtained by forced regurgitation of gut contents of snakes captured in Wood Buffalo National Park. The sample contains 18 items.

In order to obtain more detailed information on the movement of the snakes from the Salt River den, three large females were radio-tracked. These snakes were captured in spring, equipped with surgically implanted transmitters, and released again at the den (Figure 6). Once the snakes started moving away from the den, they were tracked with a hand-held receiver and antenna until they reached marshy terrain (Figure 7). At this point following them on foot became impossible, so we began to track them by airplane.

The seasonal movements of the radio-tracked snakes were very similar (Figure 8). The snakes left the den in a northeasterly direction, and continued until they arrived at a series of marshes, 4 km away from the den (Figure 9). The snakes spent the summer months in these marshes, moving as far as 9 km from the den. In late July and early August they began moving back toward the den. All the tracked snakes displayed a "looping" migratory pattern; that is, they did not follow their original paths when returning to the den.

En route to the marshes, the daily pattern of the transmitter-equipped snakes was consistent. The snakes would emerge from overnight shelters (logs, holes in the ground, vegetation clumps) and spend the early part of the morning basking in sunlight. They travelled during the warmest part of the day, then basked in the last few hours of sunlight before selecting a new overnight retreat.

Snakes could cover a considerable distance over the course of a day: one covered approximately 1 km in five hours. At this rate, the snakes could have reached the freshwater marshes within three or four days of leaving the den. Periodic cold weather, however, forced them to remain in a single location for one to several days. As a result, the trip from the den to the marshes took as long as two weeks - a significant portion of the active season when added to the time spent returning to the den.

It is not clear just how snakes carry out such migrations. Several hypotheses have been put forward concerning their orientation mechanisms, including scent-trailing and navigation by the sun. Snakes have been shown to use many different sensory cues in orienting themselves to their immediate surroundings, but exactly what information is used to locate a den or a marsh several kilometres away remains to be determined.

Birth of Young

Most gravid females from the Salt River den apparently give birth away from the hibernaculum, although a few return to the den each summer and give birth there. The majority of gravid females are found near the freshwater marshes, where they presumably feed during the earlier part of the summer. They tend to gather in favourable spots.

One location in particular is used as an aggregating site for gravid females; a loose pile of logs and branches offered good basking places and protection from predators. It is likely that aggregations are the result of the females seeking out such favourable sites, but attraction of gravid females to one another cannot be ruled out. In any case, such aggregations have been reported frequently for pregnant females of many snake species.

When possible, gravid females were captured and held in captivity until they gave birth. Captive females gave birth anywhere from late July to early September. Newborn young were first encountered around the marshes in late

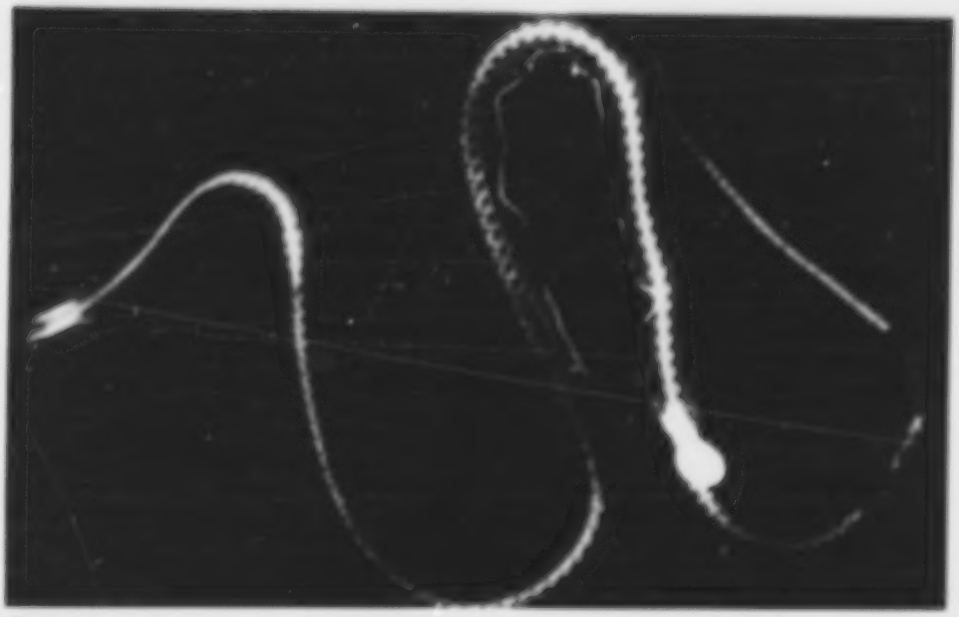

Figure 6
X-ray photograph of a garter snake, with a radio-transmitter surgically implanted under the skin of its abdomen. Note the antenna running along the length of the body, between rib cage and skin. (Fort Smith Health Centre).

Figure 7
K.W. Larsen radio-tracking a snake through the marsh, just outside Wood Buffalo National Park. (R. Antoniak).

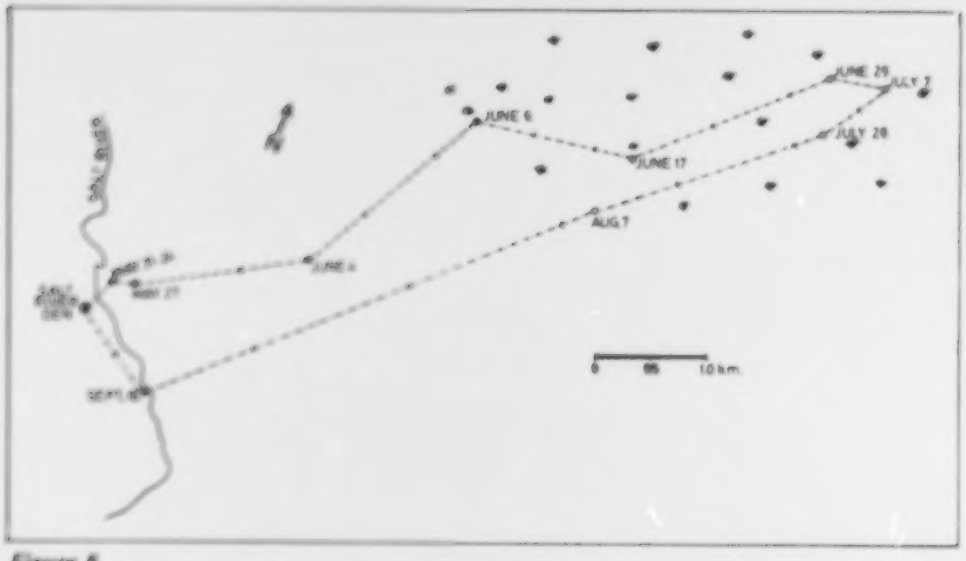

Figure 8
Migratory movement by a transmitter-equipped snake over the course of the 1984 active season. Observations were made on the ground (•) until the animal reached a fresh-water marsh system (•), at which point it was located (o) by flying over the marshes in fixed-wing aircraft.

Figure 9
Aerial view of marshes inhabited by garter snakes in summer, just outside Wood Buffalo National Park. (K.W. Larsen).

July or early August, and gravid females were observed basking near dens as late as mid-September, suggesting that the birth dates observed in captive snakes reflected natural birth dates.

Females from Wood Buffalo National Park give birth to fewer young, on average, than do females elsewhere in the species' range (for example in Manitoba; Figure 10). Newborns measure an average of 192 mm snout-to-vent (SVL), larger than newborns in Manitoba (154 mm SVL) (Gregory 1977). The advantages (if any) of producing a few large young, instead of several small ones, are not known.

Direct observation of mating or pregnancy can be supplemented with other kinds of information to chart the probable reproductive history of individual females over a number of years. For example, females that have recently given birth can be recognized by their emaciated appearance (one-third or more of the female's weight may be lost as a result of giving birth) and by a fold of skin that runs along each side of the abdomen. Although the relatively small number of adult females captured in consecutive years at Wood Buffalo Park makes it difficult to reach firm conclusions about average reproductive cycles in this population, we observed apparent instances of one-year, two-year and longer reproductive cycles. Cycles lasting longer than two years were inferred from the absence of any evidence of reproduction during the three years of our study, and are thus a very tentative conclusion. Further long-term studies will be required to determine the proportion of mature females with reproductive cycles longer than one year. Nevertheless, our preliminary findings indicate that most females in the Wood Buffalo population do not reproduce annually. By contrast, females in more southerly populations, for example Kansas (Fitch 1965), usually give birth annually.

With relatively few young born to each female, and with at least some proportion of adult females not reproducing each year, the Wood Buffalo National Park population may experience low annual recruitment rates. We require more data on annual reproduction and survival of young snakes to evaluate this, but it could explain why red-sided garter snakes do not occur farther north, where potential active seasons are even shorter.

Growth

Snakes in Wood Buffalo National Park were individually marked by removing scales on the underside of the tail. Thus, we could measure growth rates of adult garter snakes by changes in their body lengths from one spring to the next. Our analysis indicates that adult red-sided garter snakes in Wood Buffalo Park grow at approximately the same rate as those in southern Manitoba (Gregory 1977), but more slowly than garter snakes in Kansas (Fitch 1965). Because newborns are captured so infrequently, we do not yet know how long it takes these snakes to reach adult size. We cannot attach ages to most snakes nor draw accurate growth curves from birth.

Although we do not know the details of growth in the snakes of Wood Buffalo National Park, we have observed that they do grow to very large sizes (Figure 10). Since populations of large snakes are found elsewhere in the species' range, including southern sites, we have no simple explanation of the large size of snakes at Wood Buffalo. The average body lengths of fully grown snakes are about 850 mm for females and 690 mm for males. Comparable figures for red-sided garter snakes from Manitoba are 700 mm for females and 610 mm for

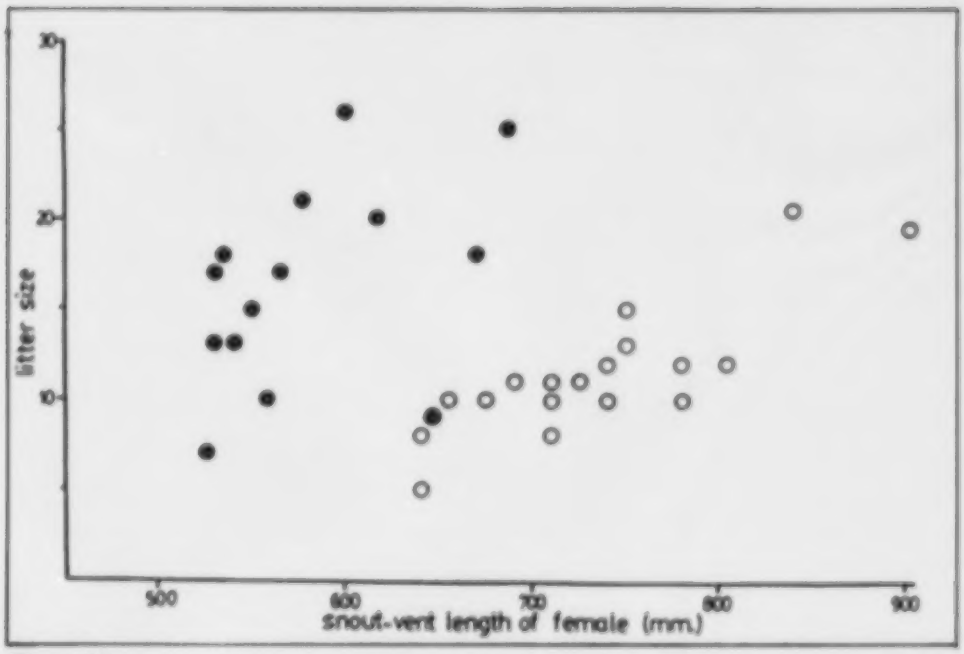

Figure 10
Litter sizes of garter snakes expressed as a function of the snout-to-vent length of the mother. The open circles represent a litter obtained from the Wood Buffalo National Park population; solid circles are for Manitoba snakes (Manitoba data from Gregory 1977).

males (Gregory, unpublished observations). The difference in body size between the sexes, with females larger than males, is normal in garter snakes.

Denning

During the summer, garter snakes are difficult to locate in Wood Buffalo National Park, but in late August or early September they begin to migrate back to the denning area, and become more conspicuous as they cross roads and paths. This mass movement is usually preceded by a few days of cold weather.

Exceptions to this general pattern of movement occur, particularly in the case of gravid females (see previous section). Also, relatively few juvenile snakes use the den, which suggests that winter survival is possible in sites other than communal dens. It is possible that juvenile snakes are able to use hibernacula that larger snakes cannot, but we have not found any such sites. The few juvenile snakes that do hibernate at the Salt River den are usually those born at the den in the fall. Very few females that have recently given birth are found at the den; whether they hibernate successfully elsewhere is not known.

The Salt River den (and presumably other snake dens) provides relatively warm conditions that enable snakes to survive the winter. Using temperature probes (Figure 11), we found that temperatures approximately one metre underground at the den never fall below $0^{o}C$. At a similar limestone cavity near the den, but not used by hibernating snakes, underground temperatures often drop below $-15^{o}C$, a lethal temperature for snakes. During the winter, warm air "vents" (Figure 12) in the snowpack are present over the main openings of the Salt River den, but not at the nearby site. Humid air rising from these vents is visible as mist on cold days, and hoarfrost may form on overhanging vegetation. We took temperature readings of 0 to $2^{o}C$ in these vents on a day when the air temperature was $-27^{o}C$. Mist rising from snake dens has also been reported near the Peace-Athabasca delta (Bossenmaier, personal communication). Neither the source of this heat nor the physical differences (if any) between dens and other sinkholes are known.

Only certain sites appear to provide suitable temperatures for hibernation, and this may limit the northern occurrence of snakes. The subarctic zone of discontinuous permafrost borders the northern limit of red-sided garter snakes, and suitable dens simply may not occur in that zone. Whether this effect is more important than the length of the activity season remains to be seen.

EPILOGUE

The biology of the amphibians and reptiles of Canada's North is a fruitful area for study. Of special interest is the way in which their ecology and physiology differ from those of the same or similar species farther south. This brief review barely scratches the surface of what we know or need to know about northern amphibians and reptiles, but we hope it will stimulate naturalists and others to contribute further observations to our growing pool of information.

Even the most basic aspect of the biology of these animals requires additional study. Their distribution, on both a broad and local scale, needs to be clarified. Ranges of the amphibians and reptiles of the N.W.T. have been

Figure 11
Park Warden Jacques Saquet recording temperatures from probes inserted underground at various depths at the Salt River den in Wood Buffalo National Park. (R. Antoniak).

Figure 12
Vents in the snow at Salt River den, Wood Buffalo National Park, February 1985. Warm air rising from crevices in the ground melts the snow, which then recrystallizes, forming cone-shaped structures about 25-30 cm high. (J. Saquet).

inferred from a relatively small number of observations and specimens, and are poorly known. The continuous ranges presented in Figure 3 are somewhat misleading; Hodge's (1976) maps, which show dot localities of known specimens and sightings, give a more realistic idea of the extent of our knowledge. We know of only one snake hibernaculum actually within the N.W.T. (about 20 km west of Fort Smith), although sightings of snakes are fairly common along the highway between Hay River and Fort Smith, and in nearby areas. It is also possible that new species could be recorded for the N.W.T. One candidate is the western toad (*Bufo boreas*), which occurs in the Yukon near the N.W.T. border (Cook 1984).

Sightings or specimens of amphibians and reptiles should be reported to P.T. Gregory, Department of Biology, University of Victoria, P.O. Box 1700, Victoria, BC, V8W 2Y2; to the Curator of Collections, Prince of Wales Northern Heritage Centre, Yellowknife, N.W.T., X1A 2L9; or to the Herpetology Section, National Museum of Natural Sciences, Ottawa, Ontario, K1A 0M8. Observations made within Wood Buffalo Park should also be reported, to Resource Conservation, Wood Buffalo National Park, Fort Smith, N.W.T., X0E 0P0.

We have not attempted to provide a detailed list of all the literature relevant to the study of northern amphibians and reptiles. We have referred to articles and papers the interested reader can use, along with further references provided in those articles, as a starting point for the investigation of any particular aspect. Books such as those of Hodge (1976) and Cook (1984) are good introductions to the general biology of amphibians and reptiles, and contain many additional references. For those seeking general technical references on the biology of amphibians and reptiles, we recommend Duellman and Trueb (1986) and the continuing series edited by Gans (1969-present).

Karl W. Larsen is a doctoral candidate at the Department of Zoology, University of Alberta, Edmonton, Alberta.
Patrick T. Gregory is Associate Professor with the Department of Biology, University of Victoria, Victoria, British Columbia.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Parks Canada and the staff of Wood Buffalo National Park for logistical support during the course of our study on garter snakes. The Renewable Resource Department at Thebacha Campus (Arctic College) supplied biotelemetry equipment, which enabled us to radio-track snakes by air. Cormack Gates, Regional Biologist for the Fort Smith area, allowed us access to his laboratory; Rita Antoniak and Lee Lomas assisted with field work. Stacey Tessaro helped with the surgical implantation of radio-transmitters. Mary Jean Bossenmaier and Ken Stewart supplied us with the useful personal communications cited herein. Research permits were granted by Parks Canada and the Department of Renewable Resources, Government of the Northwest Territories. A grant to P.T. Gregory from the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada financed the study. Ken Stewart (University of Manitoba), Francis Cook (National Museum of Natural Sciences) and Bob Murphy (Royal Ontario Museum) reviewed the manuscript and provided many useful suggestions for its improvement.

REFERENCES

Bradford, D.F.
1983 *Winterkill, oxygen relations, and energy metabolism of a submerged dormant amphibian, Rana muscosa. Ecology* 64: 1171-1183.

Cook, F.R.
1984 *Introduction to Canadian amphibians and reptiles.* Ottawa: National Museum of Natural Science.

Crews, D., and W.R. Gartska
1982 The ecological physiology of a garter snake. *Scientific American* 247(5): 159-168.

Davies, P.M.C., J.W. Patterson and E.L Bennett
1981 Metabolic coping strategies in cold tolerant reptiles. *Journal of Thermal Biology* 6: 321-330.

Duellman, W.E., and L. Trueb
1986 *Biology of amphibians.* New York: McGraw-Hill.

Emery, A.R., A.H. Berst, and K. Kodaira
1972 Under-ice observations of wintering sites of leopard frogs. *Copeia* 1972: 123-126.

Fitch, H.S.
1965 An ecological study of the garter snake, *Thamnophis sirtalis. University of Kansas Publications, Museum of Natural History* 15(10): 193-564.

Gans, C., ed.
1985 *Biology of the Reptilia.* Vols. 14-15. New York: John Wiley and Sons.
1969-1982 *Biology of the Reptilia.* Vols. 1-13. London: Academic Press.

Gregory, P.T.
1982 Reptilian hibernation. In *Biology of the Reptilia,* edited by C. Gans and F.H. Pough, Vol. 13, pp. 53-154. New York: Academic Press.
1977 *Life history parameters of the red-sided garter snake* (Thamnophis sirtalis parietalis) *in an extreme environment, the Interlake of Manitoba.* National Museums of Canada Publications in Zoology 13. Ottawa: National Museums of Canada.

_____. and K.W. Stewart
1975 Long-distance dispersal and feeding strategy of the red-sided garter snake (*Thamnophis sirtalis parietalis*) in the Interlake region of Manitoba. *Canadian Journal of Zoology* 53: 238-245.

Herreid C.F., and S. Kinney
1967 Temperature and development of the wood frog, *Rana sylvatica,* in Alaska. *Ecology* 48: 579-590.

Hodge, R.P.
1976 *Amphibians and reptiles in Alaska, the Yukon and Northwest Territories.* Anchorage: Alaska Northwest Publishing Company

Kelleher, K.E., and J.R. Tester
1969 Homing and survival in the Manitoba toad, *Bufo hemiophrys*, in Minnesota. *Ecology* 50: 1040-1048.

Manis, M.L., and D.L. Claussen
1986 Environmental and genetic influences on the thermal physiology of *Rana sylvatica*. *Journal of Thermal Biology* 11: 31-36.

Pianka, E.R.
1978 *Evolutionary ecology*, 2nd ed. New York: Harper and Row.

Storey, K.B., and J.M. Storey
1986 Freeze tolerance and intolerance as strategies of winter survival in terrestrially hibernating amphibians. *Comparative Biochemistry and Physiology* 83A: 613-617.

Waldman, B., and M.J. Ryan
1983 Thermal advantages of communal egg mass deposition in wood frogs (*Rana sylvatica*). *Journal of Herpetology* 17: 70-72.

OCCASIONAL PAPERS OF THE PRINCE OF WALES NORTHERN HERITAGE CENTRE
No. 3 (1988) P. 53 - 73

WATERFOWL OF THE NORTHWEST TERRITORIES: THE EXTENT AND MANAGEMENT OF A WORLD CLASS RESOURCE

Robert G. Bromley

SUMMARY

Waterfowl are abundantly distributed throughout the Northwest Territories, and contribute 50% of North America's geese and swans and large proportions of the continent's diving and sea ducks. They are important to residents in many ways. Aesthetically, the birds are welcome heralds of spring; their colourful plumages attract the attention of residents and visitors alike. Recreational hunting of waterfowl is practiced by many.

Of particular interest is the current subsistence use of waterfowl in spring and summer. Although spring hunting has been practiced for millennia, under the terms of the Migratory Birds Convention Act (MCBA), it is illegal. This management dilemma is also occurring in Alaska, where the situation has resulted in serious declines in some goose populations.

Management authorities recognize that the managed subsistence use of waterfowl is desirable and consistent with resource conservation. As a consequence, they also realize that expeditious action must be taken to provide the legal opportunity for spring hunting by subsistence hunters. By doing so, authorities may work with hunters to develop enforceable regulations that will provide for both sustainable subsistence harvest and conservation of waterfowl within a continental framework. Such regulations will necessarily have to account for the potentially higher impact of spring hunting, which might include the take of nesting birds and of eggs.

Research on the impacts of spring harvest on waterfowl populations and productivity is essential, so that conservation may be ensured through effective regulations.

INTRODUCTION

Few residents of the Northwest Territories have failed, for at least a few moments each spring, to marvel at the small groups of graceful white swans resting along the ice edge near our communities, or to enjoy the quirky sounds of oldsquaw ducks (*Clangula hyemalis)* expressing their excitement upon returning north. Few also, especially of those close to the land, have not enjoyed memorable meals of roast goose or duck soup. The many varied uses of waterfowl, and the universal use of this resource, underscore the importance of ducks, geese and swans to the people of the N.W.T. Reasons for this are not only because waterfowl are welcome harbingers of spring or because they provide savory and nutritious meat for the pot, but also because the N.W.T. is wonderfully endowed with many species and millions of individual birds.

Figure 1
Map of the Northwest Territories, indicating important locations for waterfowl.

Waterfowl are not only important to people of the north, they are also valued by people throughout North America. Extensive and sophisticated management programs have been developed to ensure the conservation of this international resource, yet pressures on the birds continue to build. Habitat loss and degradation are notable problems currently affecting waterfowl, particularly in southern Canada and the United States. In response to these pressures and in preparation for problems expected in the near future, territorial, provincial, state and federal governments have designed a mutually supportable North American Waterfowl Management Plan. Signed by the Minister of Environment Canada and the U.S. Secretary of the Interior in May 1986, this plan encourages the open and frank atmosphere necessary for progressive discussions between nations on management actions needed for waterfowl conservation. Within this context, waterfowl management in the N.W.T. will continue to develop in recognition of local, national and international interests.

THE EXTENT OF THE N.W.T. WATERFOWL RESOURCE

The contribution of waterfowl from the N.W.T. on a continental scale is enormous. There are 247 species of ducks, geese and swans (family *Anseriformes*) worldwide (Scott 1972), and 37 of these are common to both Canada and the United States (Environment Canada and United States Department of the Interior 1985). Of these, 29 species regularly nest in the N.W.T. (Bellrose 1980). The 29 species can be grouped into two swans, five geese, seven dabbling or puddle ducks, five diving ducks, and 10 sea and stiff-tailed ducks (Table 1). Among the geese, there are also distinct races, such as the lesser (*Chen caerulescens caerulescens*) and greater (*C. c. atlanticus*) snow geese, and Pacific (*Branta bernicla nigricans*) and Atlantic (*B. b. bernicla*) brant.

About 50% of all geese and swans in North America hatch in the N.W.T. Fifty-six percent of the North American sea ducks hatch and are reared in the N.W.T., as are 23% of the diving ducks and a relatively small proportion (about 5%) of the dabbling ducks (calculated from Bellrose 1980). These contributions include the world population of Ross' geese (*Chen rossii*), 90% of the world's lesser and greater snow geese, and about 90% of North America's Atlantic brant, common eiders (*Somateria mollissima*) and king eiders (*S. spectabilis*).

Habitat is essential for maintenance of the waterfowl resource, for without it, waterfowl populations cannot sustain themselves. This has been recognized by management authorities, who have responded by establishing refuges and sanctuaries. In the N.W.T., 34 key habitat sites for waterfowl have been recognized, totalling 156 519 km^2. Nine Migratory Bird Sanctuaries (96 113 km^2) have been designated for snow and Ross' geese and four sanctuaries have been established for "staging" (spring and fall concentrations) brant, Canada geese (*Branta canadensis*) and lesser snow geese (N.W.T. Department of Renewable Resources and Canadian Wildlife Service 1984).

The following description of waterfowl populations in the N.W.T. were extracted from Bellrose (1980). Place names of the N.W.T. are indicated in Figure 1.

Table 1

The 29 species of waterfowl indigenous to the Northwest Territories, with rough population estimates where available.

Group	Species	NWT Population Estimates
Swans		
	trumpeter swan	75
	tundra swan	70 000
Geese		
	greater-white fronted goose	80 000
	snow goose - lesser	1 245 000
	snow goose - greater	171 000
	Ross' goose	90 000
	brant - Pacific	21 000
	brant - Atlantic	86 000
	Canada goose	626 650
Dabbling ducks		
	mallard	432 000
	black duck	(few) no estimates
	gadwall	16 800
	wigeon	548 900
	northern pintail	332 400
	green-winged teal	280 600
	blue-winged teal	61 600
	northern shoveler	72 000
Diving ducks		
	canvasback	20 000
	redhead	1 000
	ringnecked duck	5 000
	greater scaup	150 000
	lesser scaup	1 600 000
Sea ducks		
	common eider	930 000
	king eider	910 000
	harlequin duck	?
	oldsquaw duck	800 000
	black scoter	?
	surf scoter	?
	white-winged scoter	?
	bufflehead	50 000
	Barrow's goldeneye	1 000
	common goldeneye	65 000
	red-breasted merganser	1 000
	common merganser	1 000
Stiff-tailed ducks		
	ruddy duck	(few) no estimates

Swans

The most abundant species of swan in the N.W.T. is the tundra swan (*Cygnus columbianus*). Tundra swans (Figure 2) nest from southern Baffin Island west to the Mackenzie Delta, and winter on both the Pacific and Atlantic coasts of the United States. Fewer than 100 trumpeter swans (*Cygnus buccinator*) (McCormick and Shandruk 1986) occupy a small area in the vicinity of Nahanni National Park. This population is likely expanding.

Geese

Greater white-fronted geese (*Anser albifrons*) of the N.W.T. nest primarily in the Mackenzie Delta region and the southern Victoria Island - Kent Peninsula - Rasmussen Basin lowlands of the central Arctic. These geese migrate to the coastal marshes of Texas and Louisiana for the mid-winter months.

Snow geese (Figure 2) are colonial nesting birds, with concentrations on Banks Island, the Anderson River Delta, Queen Maud Gulf, Baffin Island, Southampton Island and the west coast of Hudson Bay. In winter, snow geese are found on the Washington, California, Mexico, Texas, Louisiana and Atlantic coasts. The blue phase of the lesser snow geese are found largely in the east-central populations which winter on the marshes of Texas and Louisiana. The eastern-most populations, which winter on the Atlantic coast, are composed largely of greater snow geese. The Ross' goose, a diminutive look-alike of the snow goose, nests largely in Queen Maud Gulf, and migrates to California and Mexico for the winter.

The Canada goose (Figure 3) nests throughout most of the N.W.T. It is a species comprising races that vary in size, colour, structure and distribution. They tend to nest in low densities, and winter further north than other species of geese. In summer, many thousands of non-breeding Canada geese migrate into the N.W.T. from southern Canada and the northern United States to moult. Wintering concentrations are found throughout the United States, both in coastal and interior regions. Some Canada geese winter along coastal British Columbia and in southeastern Canada.

Pacific and Atlantic brant (Figure 3) are "sea geese" that nest and winter close to salt water. Pacific brant nest along the Arctic coast as far east as Queen Maud Gulf and in the islands to the north. They migrate to the west coast of the United States and Mexico. In recent years, there has been a major shift of wintering Pacific brant from the United States coast to the Mexican coast. Atlantic brant nest on Southampton Island and in the Arctic Archipelago, where in some areas they overlap and interbreed with Pacific brant. Primary wintering areas of Atlantic brant are found along the northeast coast of the United States, although some brant travel to the shores of Ireland to overwinter.

Dabbling and Diving Ducks

Dabbling ducks tend to nest largely south of the treeline in the southwestern N.W.T., an exception being the northern pintail (*Anas acuta*) (Figure 4) which nests in tundra regions as well. Diving ducks like the canvasback (*Aythya valisineria*) (Figure 4) have a distribution similar to that of dabbling ducks, with the greater scaup (*Aythya marila*) demonstrating a somewhat more northerly range than most. Both the dabbling and diving ducks

Figure 2
Top: Tundra swan. Bottom: Lesser snow geese.

Figure 3
Top: Canada geese. Bottom: Brant.

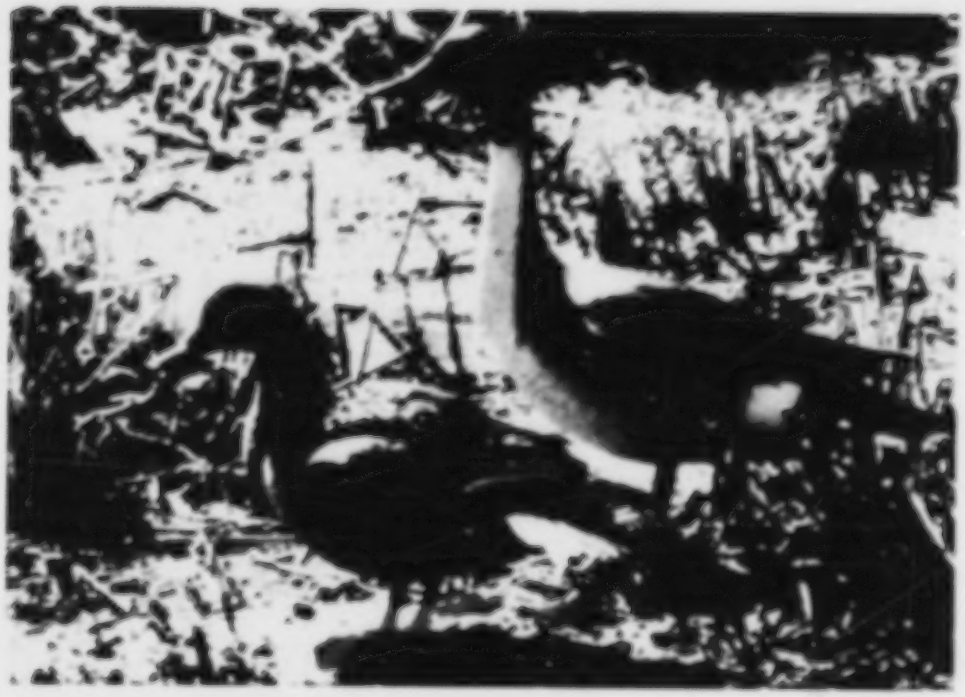

Figure 4
Top: Northern pintails. Bottom: Canvasback.

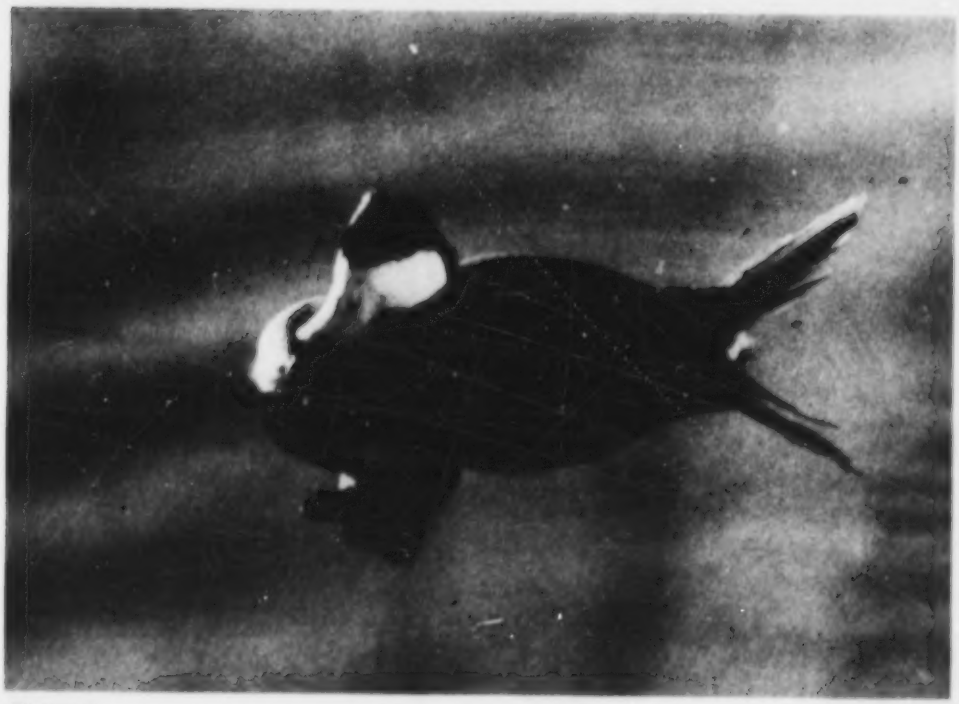

Figure 5
Top: Oldsquaw ducks. Bottom: Ruddy duck.

migrate southward, largely along traditional corridors which have become known as "flyways," to winter primarily in coastal marshes of the United States. Biologists suspect that many dabbling ducks migrate into the N.W.T. to nest or simply spend the summer during years of drought on the prairies. A northern migration, at least to Alaska and northern Alberta, has been demonstrated to occur with northern pintails (Smith 1970; Dirksen and Eldridge 1980) and dabblers in general (Hansen and McKnight 1964).

Sea Ducks

Eiders are classic sea ducks, nesting and wintering in close proximity to, or on, the sea. King eiders typically nest somewhat further inland than do the more colonial common eiders. Both species may be found along almost any coastline of the N.W.T. in summer, and winter in coastal areas of Alaska and British Columbia to the west, and the Maritime provinces and New England states to the east.

In the N.W.T. the eastern race of the harlequin duck (*Histrionicus histrionicus)* nests only on southeastern Baffin Island, and winters along the southeast coast of Canada. Oldsquaws (Figure 5) nest throughout the northeastern N.W.T., primarily north of the treeline. They winter along both coasts of North America and on the Great Lakes.

Scoters (*Melanitta* spp.), buffleheads (*Bucephala albeola)*, common goldeneyes (*B. clangula)*, and common mergansers (*Mergus merganser)*, like the dabbling and diving ducks, nest largely within the treed area of the southwestern N.W.T. Scoters winter on both the east and west coasts of North America. Buffleheads are also found there, and on the Gulf of Mexico coastline. The common merganser is a hardy species that winters throughout the continental United States, and along the Pacific coast from southeastern Alaska through California. They are also found throughout the Maritime provinces in both winter and summer.

The red-breasted merganser (*Mergus serrator)* is present throughout most of mainland N.W.T. and on southern Baffin Island. They are one of the few species of ducks whose breeding range extends considerably above and below the treeline. In winter the red-breasted merganser is found along the east and west coasts of North America, the north coast of the Gulf of Mexico and on the Great Lakes.

Stiff-tailed Ducks

Last, and very nearly least, is the tiny ruddy duck *(Oxyura jamaicensis)*, the N.W.T.'s single representative of the stiff-tailed ducks (Figure 5). The ruddy is present in small numbers from the vicinity of western Great Slave Lake west to the Yukon border. This species winters on both coasts of the United States and in Mexico.

USES OF THE WATERFOWL RESOURCE IN THE N.W.T.

Most use of waterfowl in the N.W.T. falls into three broad categories: aesthetic uses, recreational hunting and subsistence hunting. The motivations and perceptions of users are complex, so that users may fall into more than one category.

Aesthetic Uses

In spring, waterfowl can be seen in the first open water available, such as in roadside ditches or along pond, lake or saltwater shorelines as the ice melts. Waterfowl are especially valued for their many variable and colourful plumages, differing and complex behaviours, large size, tendency to concentrate and ubiquitous distribution. They are enjoyed by bird watchers, nature photographers, outdoor enthusiasts and simply by people who know that waterfowl exist and are a functional part of their environment. Many messages are conveyed and heard in the joyful calls of geese migrating overhead in spring and fall. Cultural and spiritual values of wildlife in North America are becoming increasingly acknowledged in our busy world, and this trend is occurring in the north as well.

Recreational Hunting

Recreational hunters in the N.W.T. may take waterfowl only in the fall, and must shoot at times, and within prescribed limits, as specified in regulations. However, because the season is short, daily bag limits are liberal and possession is unlimited.

Although the average daily take of waterfowl by recreational hunters in the N.W.T. is similar to the national average, the total kill per hunter over the entire season is much lower. In 1983, 750 hunters purchased migratory bird hunting permits in the N.W.T.; of these, 745 were N.W.T. residents. These hunters harvested an estimated 13 005 ducks and 2 745 geese (Canadian Wildlife Service 1984).

In studies of Canadian migratory bird hunters, Filion (1978) concluded that hunters were representative of the Canadian male population on the basis of income, occupation and education. Filion and Parker (1984) found that it is not just the taking of birds or the number of birds taken that are important to recreational hunters. Hunting is seen to have social and psychological benefits. These include being in a natural setting, being challenged, simply seeing birds, and experiencing hunting activity with a few close friends and relatives. Over 35% of the hunters were found to derive enjoyment from migratory game-bird hunting even when no birds were bagged. It is clear that the cultural values of this activity include the aesthetic use of the resource as well as the consumptive aspects involved.

Subsistence Hunting

"Subsistence hunting" as used here refers to the taking of waterfowl for sustenance while living on the land. Such harvesting of birds and their eggs is undertaken when they are available and when there is a need for them. This has traditionally occurred during spring break-up when fresh meat is most appreciated, and from late summer to fall when travel about the land is easily done by boat, and flightless waterfowl are easily caught (Klein 1966; Macauley and Boag 1979, Barry in prep.).

Perhaps some of the early northern explorers caught the essence of subsistence hunting in their intriguing notes on the use of waterfowl. In his search for the Northwest Passage in June, 1833, Sir John Ross (1835:703) wrote:

> *We were enabled to give all the people a good treat of ducks on this day; being the only tolerable dinner they had seen for a long time; though on other occasions, these delicacies were reserved for the sick.*

George Back (1970:464), on his journey to the Arctic Ocean in 1834, declared that:

> *By the 15th swans, geese and different kinds of ducks appeared in large flocks, and were welcomed scarcely more as harbingers of spring than for the amusement of shooting them, and the grateful change which they afforded to the table.*

More stolidly, Samuel Hearne (1795:27) noted in May of 1770:

> *By the nineteenth, the geese, swans, ducks, gulls, and other birds of passage, were so plentiful, that we killed every day as many as were sufficient for our support.*

Alexander Mackenzie (1801:xc) echoed this observation in the late 1790s, stating:

> *During a short period of the spring and fall, great numbers of wild fowl frequent this country, which proves a very gratifying food after such a long privation of flesh-meat.*

In contemporary times, much of the so-called subsistence take may now more accurately be termed "traditional." Because many native hunters have experienced a change in lifestyle, spring take of waterfowl is no longer necessary, at least to the same degree. Regardless of their material needs, however, the act of taking waterfowl at traditional times remains important to some hunters for spiritual and aesthetic reasons.

Although the quantity and timing of waterfowl harvest by subsistence hunters in the N.W.T. is not well documented, progress towards answering questions about it has been made. From initial studies done in various regions of the N.W.T., it is apparent that the months of May and June are particularly important periods of waterfowl harvesting for subsistence hunters. Estimated harvest levels for 1981 and 1982 in Baffin Region are shown in Table 2 (Donaldson 1983, 1984), as are harvest estimates for Keewatin Region communities for a similar period (Table 2) (Gamble 1984). Waterfowl eggs were occasionally important, such as in Eskimo Point where 6 525 goose eggs were collected in 1977 (McEachern 1978). In Coral Harbour in 1982-83, waterfowl were more important than caribou in their total contribution to the edible weight of wildlife harvested. Waterfowl provided 12 800 kg of edible meat that year, second only to beluga *(Delphinapterus leucas)* and walrus *(Odobaenus rosmarus)* (Gamble 1984).

In the Mackenzie Delta area, studies by Barry (in prep.) in the late 1960s yielded estimated annual subsistence spring and fall harvests of geese, swans, eiders, scoters, oldsquaws, northern pintails and mixed ducks (Table 2). Although studies in the Kitikmeot region of the N.W.T. are preliminary, and a total estimate of the harvest is not yet available, subsistence kills of ducks and geese were recorded for 1984 by some of the hunters in seven communities (Table 2) (N.W.T. Department of Renewable Resources and Kitikmeot Regional Hunters' and Trappers' Association 1985). Almost all of this take occurred in June.

Table 2

Estimates of waterfowl harvest by native residents in some areas of the Northwest Territories.

Region	Years of Survey	Estimated Annual Harvest	Source
Baffin	1981	5 507 geese 11 520 eiders 260 scoters and oldsquaws n/d mixed ducks	Donaldson (1983 , 1984)
	1982	10 862 geese 15 600 eiders 410 scoters and oldsquaws n/d mixed ducks	
Keewatin	1981	6 347 geese 386 eiders 10 scoters and oldsquaws 1 mixed ducks	calculated from Gamble (1984)
	1983	7 641 geese 418 eiders 18 scoters and oldsquaws n/d mixed ducks	
Kitikmeot[1]	1984	1 137 geese 4 926 mixed ducks[2]	N.W.T. DRR and KHTA (1985)
Mackenzie Delta	1967-68	8 576 geese 1 922 eiders 3 744 scoters and oldsquaws 8 269 mixed ducks	Barry (In prep.)

1. These figures are known kills from a sample of hunters in the seven communities of the Kitikmeot Region. Estimates of total kill are not available.

2. Mixed ducks of the Kitikmeot Region include eiders, scoters, and oldsquaws.

To date, no estimates of subsistence harvest of waterfowl are available for the Fort Smith Region (Figure 1) nor for the southern Inuvik Region (Figure 1).

WATERFOWL MANAGEMENT IN THE N.W.T.

The Canadian Wildlife Service (CWS), an agency of Environment Canada, is the primary body responsible for the management of waterfowl throughout Canada. It administers the Migratory Bird Convention (MBC) between Great Britain (for Canada) and the United States, and the resultant MBC Act of 1918. The territorial government's Department of Renewable Resources (DRR), now shares the responsibility for wildfowl management with Environment Canada. Although the CWS had been active in waterfowl management in the north for many years, it is only within the last few years that DRR has extended its responsibilities for waterfowl beyond the enforcement of migratory bird regulations.

The N.W.T. has been fortunate that serious problems with waterfowl populations have arisen mainly from sources outside the N.W.T., and their solutions have been beyond our jurisdiction. Waterfowl habitat in the N.W.T. remains in almost pristine condition, although some areas have been affected, not always detrimentally, through non-renewable resource development. As the waterfowl resource bears additional pressure from habitat modifications and increased use throughout its range, however, more informed and integrated management on local, national and international levels is required.

One of the most important issues facing wildlife managers in the N.W.T. today is that of spring and summer kills of waterfowl by subsistence hunters. Thousands of ducks and geese are taken each spring and summer yet, according to the MBCA, most of this take is illegal. For the most part, this aspect of the regulations is not enforced upon native people, yet governments have been unable to develop alternative legislation to regulate their take in the interests of conservation.

The N.W.T. is not the only jurisdiction that is faced with this dilemma; many of the provinces, Yukon and Alaska are experiencing identical predicaments. A review of the contemporary crisis in Alaska, summarized from Raveling's (1983) report, illustrates the problems that result when management authorities fail to address inappropriate legislation, and when resource use is allowed to occur without regard for conservation.

The Yukon-Kuskokwim Delta of western Alaska once hosted an incredible density of waterfowl, particularly geese. In the 1960s, peak numbers were estimated at 450 000 white-fronted geese and 350 000 cackling Canada geese (*B. C. minima*). Emperor geese (*Chen canagica*) numbers were estimated at 150 000. By the 1980s, populations had dropped to 81 000 white-fronted geese, 69 000 cackling geese and 98 000 emperor geese (declines of 82%, 80% and 35%, respectively). In 1983, the cackling goose population was estimated at 26 000 (down 93% from the 1960s).

During the period of decline, restrictive regulations were imposed on sport hunters, resulting in a 65% decline in the harvest of cackling Canada geese in the 1970s, and a 57% drop in the white-fronted goose harvest during the same period. By the 1980s, area closures resulted in few geese being killed in California, the primary recreational hunting area, yet the populations continued to decline.

From 1960 to 1980, the native population of the Yukon-Kuskokwim Delta increased by 42%. Means of travel changed from dog teams to snowmobiles and power boats. Weapons increased in firepower. Raveling (1983) demonstrated that the kill by natives was excessive for the waterfowl populations available. When added to the California recreational harvest, the effect on waterfowl was disastrous.

Raveling went on to review the frustrations of managers, who faced cultural misunderstandings and enforcement difficulties. He finally laid the blame squarely on the shoulders of both state and federal management authorities. He pointed out that the United States Fish and Wildlife Service was correct in supporting subsistence hunting on public lands, but only to the degree consistent with sound conservation practices. Obviously, that point had been surpassed. As a result, users of the resource, both subsistence and recreational, will suffer the consequences for decades to come. The loss of the magnificent waterfowl resource will undoubtedly have lasting impacts on young people of all cultures in those areas affected.

The N.W.T. has not been totally exempt from similar situations, one example being the common eider colonies in the vicinity of Cape Dorset which have experienced severe impacts from overexploitation (Cooch 1986). Several factors lower the probability that the N.W.T. will experience disasters on a similar scale to those in Alaska, at least in the near future. For one thing, relatively few people live in the immediate vicinity of large goose concentrations. Another factor is that most N.W.T. waterfowl populations are more scattered than those in Alaska, so local population declines become somewhat less important relative to the total N.W.T. population. Most importantly, there is already a system in place that promotes interaction and feedback between resource harvesters and managers, namely the local Hunters' and Trappers' Associations. Since all N.W.T. communities have an Association, there is a good chance that an appropriate response will be made to a recognized problem.

Nevertheless, a review of human population growth rates in the N.W.T. indicates that in the next 15 years, the native population will increase by 43% (N.W.T. Department of Information 1986). This growth rate is higher than that experienced by native Alaskans, who in the 1960s, were considered to have one of the fastest growing populations in the world (Raveling 1983). Increases in the mobility and hunting technology of native people in the N.W.T. have at least paralleled, if not surpassed, those of Alaska (pers. obs., Cooch n.d.). For these reasons, it is indeed timely for people of the N.W.T. to begin discussions on how to prevent the realization of this potential problem within our jurisdiction.

These waterfowl management concerns are starting to be addressed; however, the effectiveness of any program depends upon the support of all users of the waterfowl resource. The North American Waterfowl Management Plan (Environment Canada and U.S. Department of the Interior 1985) recognizes managed subsistence use of waterfowl as desirable and consistent with

conservation. In Alaska, an agreement between the residents of the Yukon-Kuskokwim Delta, the United States Fish and Wildlife Service, the Alaska Department of Fish and Game and the California Department of Fish and Game has been signed, after extensive consultation among all parties. Although its legality is untested, it provides subsistence regulations and community-supported enforcement measures in an attempt to ensure conservation and recovery of goose populations there. In the N.W.T., similar procedures have already proven successful in the management of polar bears, caribou and musk-ox. Negotiations toward workable regulation of subsistence hunting continue between Canadian and American federal authorities. When an agreement is in place, we will be one major step closer to ensuring the long term conservation of our waterfowl resource.

Legitimizing the spring take of waterfowl is the first step, but regulations to govern the harvest must also be developed. Managers presently have little understanding of the impact that spring harvest has on waterfowl populations. Undoubtedly, shooting nesting birds can have a considerable effect on populations, but at present the proportion of birds shot in the spring that are nesting versus non-nesting birds is unknown. While collection of whole clutches of eggs may be devastating to a population, collection of partial clutches may have little effect. For example, Novakowski (1966) suggested that since cranes are rarely able to raise more than one young per pair, production would be minimally effected by removal of one egg from all two-egg clutches. A similar relationship may exist among waterfowl.

During the past several decades, research has been concentrated on the effects of fall harvest on waterfowl. It is now apparent that an immediate priority must be placed upon determining the impacts of various subsistence harvest methods, including spring hunting and "egging" (the collection of eggs from nests for food). Such information is crucial to the development of regulations that will both ensure conservation and permit use of the resource. Effective pursuit of such knowledge requires active participation of residents, and integration with national and international management programs.

The development of the North American Waterfowl Management Plan and specific plans for the N.W.T. will involve public consultation with those people affected. Such plans will ensure that waterfowl and their habitat are given careful consideration in the process of northern land use planning.

It is only with the participation of all concerned residents and the representation of all views, that management of the waterfowl resource can be successful. In particular, the support and participation of native people involved in subsistence hunting is essential. There are many ways that these residents must contribute to research and management activities. These have been reviewed by Cournoyea and Bromley (1986). Acknowledgement and understanding of subsistence use is required of recreational hunters. Conversely, subsistence hunters must understand the importance of recreational hunting. In the north today there are many government-sponsored structures to ensure input by native residents. Non-native interests will also have to be represented to ensure their input throughout the development of new management directions in the field of waterfowl conservation. Throughout the coming years of changing political structures and social evolution within the north, the challenges of renewable resource management will be present. No other resource is so highly migratory as are waterfowl, requiring discussions

with, and obligations to, neighbours to the south, east and west of the N.W.T. I am confident that northerners will rise to meet these challenges.

Robert G. Bromley is Waterfowl Ecologist, Department of Renewable Resources, Government of the Northwest Territories, Yellowknife, N.W.T.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank Bruce Stephenson and Kevin Lloyd for critical reviews, and Alison Welch for thorough editorial comments on the manuscript. Journal referees W.G. Alliston, C.S. Houston and an anonymous reader provided useful reviews of the manuscript. Photographs were donated by Sam Barry (tundra swan, lesser snow geese and oldsquaw), Bob Ferguson (ruddy duck) and Richard Popko (brant). Francis Jackson drafted the map of North America. Appreciation is also extended to Ellen Christensen for her support in the preparation of this paper.

REFERENCES

Buck, George
1970 *Narrative of the Arctic Land Expedition.* Edmonton: Hurtig.

Barry, T.W.
In preparation *The use of birds by natives in the Mackenzie Delta Region.* Canadian Wildlife Service, Edmonton.

Bellrose, F.C.
1980 *Ducks, geese and swans of North America.* Harrisburg, Pennsylvania: Stackpole.

Canadian Wildlife Service
1984 Summary of the 1983-1984 waterfowl hunting season results and estimates. *Progress Notes.* Ottawa: Canadian Wildlife Service.

Cooch, F.G.
1986 The numbers of nesting northern eiders on the West Foxe Islands, N.W.T. in 1956 and 1976. In *Eider ducks in Canada,* edited by A. Reed, pp. 114-118. Canadian Wildlife Report Series No. 47.

n.d. Observations on the status of wildlife, Cape Dorset, N.W.T. July 31-August 8, 1981 and Inugyvik, Quebec, August 9 - 12, 1981. Unpublished report. Canadian Wildlife Service, Ottawa.

Courtoyea, N.J., and R.G. Bromley
1986 The role of native people in waterfowl management in Canada. In *Transcript of North American Wildlife and Natural Resource Conference 51*, 507-510.

Derksen, D.V., and W.D. Eldridge
1980 Drought displacement of pintails to the arctic coastal plain, Alaska. *Journal of Wildlife Management* 44: 224-229.

Donaldson, J.
1984 *1982 wildlife harvest statistics for the Baffin Region, Northwest Territories.* Baffin Region Inuit Association, Technical Report No. 2. Frobisher Bay (Iqaluit): Baffin Region Inuit Association.
1983 *1981 wildlife harvest statistics for the Baffin Region, Northwest Territories.* Baffin Region Inuit Association, Technical Report No. 1. Frobisher Bay (Iqaluit): Baffin Region Inuit Association.

Environment Canada, and United States Department of the Interior
1985 *North American Waterfowl Management Plan (draft).* Ottawa: Supply and Services Canada.

Filion, F.L.
1978 Demographic/socio-economic characteristics of holders of Canada migratory game bird hunting permits. In *Migratory game bird hunters and hunting in Canada,* edited by H. Boyd and G.H. Finney. pp. 42-51. Canadian Wildlife Service Report 43. Ottawa: Environment Canada.

_____, and S.A.D. Parker
1984 *Human dimensions of migratory game-bird hunting in Canada.* Canadian Wildlife Service Occasional Paper 51. Ottawa: Environment Canada.

Gamble, R.L.
1984 *A preliminary study of the native harvest of wildlife in the Keewatin Region, Northwest Territories.* Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 1282. Winnipeg: Canadian Department of Fisheries and Oceans.

Hansen, H.A., and D.E. McKnight
1964 Emigration of drought-displaced ducks to the Arctic. *Transcript of North American Wildlife and Natural Resource Conference 29:* 119-127.

Hearne, Samuel
1795 *Journey to the northern ocean.* London: Straham and Cadell.

Klein, D.R.
1966 Waterfowl in the economy of the Eskimos on the Yukon-Kuskokwim Delta, Alaska. *Arctic* 19: 319-336.

Macauley, A.J., and D.A. Boag
1979 Waterfowl harvest by Slave Indians in northern Alberta. *Arctic* 27: 15-26.

Mackenzie, Alexander
1801 *Voyages from Montreal to the frozen and Pacific Oceans in the years 1789 and 1793.* London: Noble.

McCormick, K.G., and L.J. Shandruk
1986 A survey of trumpeter swans and their habitat in Mackenzie District, N.W.T. Unpublished report. Yellowknife: Canadian Wildlife Service.

McEachern, J.
1978 *A survey of resource harvesting, Eskimo Point, N.W.T, 1975-1977.* Prepared for Polar Gas Project by Quest Socio-Economic Consultants, Inc., Delta, B.C.

Northwest Territories. Department of Information
1986 Population projection tables for human populations in the Northwest Territories, by region and ethnicity. Unpublished computer files. Yellowknife: Government of the Northwest Territories.

Northwest Territories. Department of Renewable Resources, and Canadian Wildlife Service
1984 *Draft NWT waterfowl action plan.* Yellowknife: Government of the Northwest Territories and Government of Canada.

Northwest Territories. Department of Renewable Resources, and Kitikmeot Hunters' and Trappers' Association
1985 Summary of harvest data by community. Unpublished report. Cambridge Bay, N.W.T.

Novakowski, N.S.
1966 *Whooping crane population dynamics on the nesting grounds, Wood Buffalo National Park, Fort Smith, Northwest Territories, Canada.* Canadian Wildlife Service Report Series No. 1. Ottawa: Canadian Wildlife Service.

Raveling, D.G.
1983 Geese and hunters of Alaska's Yukon Delta: management problems and political dilemmas. *Transcript of North American Wildlife and Natural Resource Conference* 45: 555-575.

Ross, Sir John
1835 *Second voyage in search of a Northwest Passage.* London: A.W. Webster.

Scott, P.
1972 *A coloured key to the wildfowl of the world.* London: W.R. Royle and Son.

Smith, R.I.
1970 Response of pintail breeding populations to drought. *Journal of Wildlife Management* 34: 943-946.

OCCASIONAL PAPERS OF THE PRINCE OF WALES NORTHERN HERITAGE CENTRE
No. 3. (1988) P. 75 - 91

CLIMATE, VEGETATION AND RESOURCES IN SOUTHERN BAFFIN ISLAND

John D. Jacobs

SUMMARY

The three major vegetation regions of the Canadian Arctic all occur in complex Baffin Island. Most of southern Baffin is usually classified as Low Arctic, which implies relatively abundant vegetation that will support such wildlife as caribou. A closer examination, however, shows that the vegetation of the region is far from homogenous. What has been thought of as a Low Arctic belt is really a scattering of Low Arctic patches within larger Middle or High Arctic plant communities.

In spite of their limited size, Baffin's Low Arctic areas are important both ecologically and economically. Evidence suggests, too, that they were more extensive in the past than they are today.

Fossil pollen found in southern and eastern Baffin Island reveal that more vegetation once grew here, in a past climate that was warmer and wetter than now. Archaeologists tell us that prehistoric Inuit made intensive use of inland regions during those milder periods.

South Baffin's climate continues to change. By studying the past and present relationships of climate, vegetation and culture, we can better prepare for the effects of these changes.

INTRODUCTION

Botanists and biogeographers acknowledge that the Canadian Arctic has three distinct vegetation zones. In 1950, A.E. Porsild devised a classification based on the characteristic or dominant plant forms in each zone (Porsild 1958). As illustrated in the National Atlas of Canada (Energy, Mines and Resources 1974), Porsild's zones are as follows: 1) arctic dwarf shrubs-sedges-lichen-heath; 2) arctic stony lichen-heath; and 3) rock-desert or fell-field.

This zonation agrees generally with other threefold classifications labelled Low, Middle, and High Arctic, including that of Polunin (1951, 1960), which subdivides the entire circumpolar Arctic. Figure 1 shows these zones on a map of arctic Canada.

The arctic vegetation pattern is one of generally declining plant cover and fewer species, as one moves north. But while there are distinct changes between zones, the lines that divide them are really gradients no more precise than the "treeline," which is in fact a transitional zone (ecotone) many kilometres wide. Within the three major vegetation regions there is further

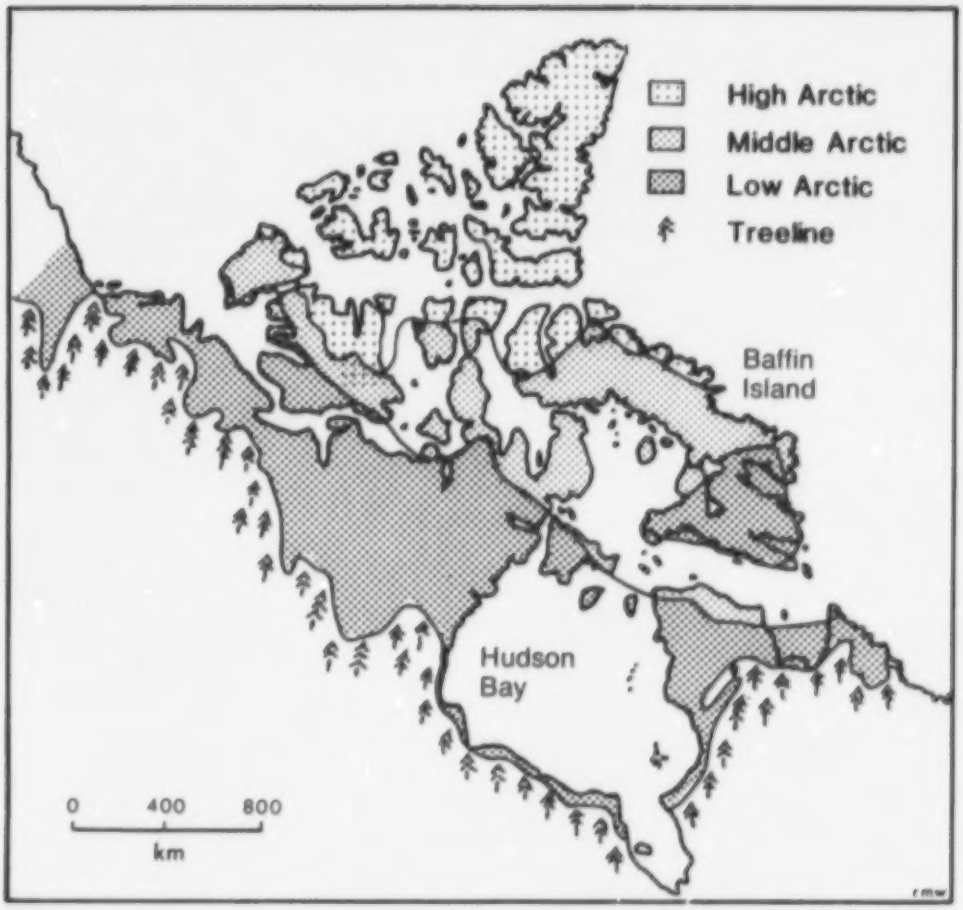

Figure 1
Bioclimatic regions of the Canadian Arctic (after Polunin 1960 and Edlund 1984).

subdivision, as Edlund (1983) has shown on maps of the High Arctic. These zones conform to climatic gradients, just as the northern limit of standing trees conforms roughly to the 10°C July isotherm. They are referred to as bioclimatic regions or zones.

Other factors besides climate may affect plant distribution. Many arctic species tolerate a broad range of soil conditions, but surface geology has been shown to influence their distribution (Edlund 1983, 1984).

It is risky to extrapolate vegetation zones from (usually inadequate) regional climatic data alone. A vegetation map by Bliss (1977: Figure 2) shows all of south-central Baffin Island as "polar desert," but my field experience has proven otherwise.

While bioclimatic zonation of the Arctic is an interesting subject in itself, its significance goes beyond matters of plant distribution alone. Plants, as primary producers, form the base of the food chain, and the abundance and variety of vegetation in a region determine how many animals the land can support. The primary productivity of the Low Arctic is about 10 times that of the High Arctic (Wielgolaski *et al.* 1981); Low Arctic tundra has the capacity to support about one caribou per square kilometre.

Since northern peoples have traditionally lived by hunting animals and birds that the land supports, and sometimes by using plants, there is a relationship between vegetation and human settlement patterns in the Arctic.

THE PLANT GEOGRAPHY OF SOUTHERN BAFFIN ISLAND

The Low Arctic region of Canada is confined to the mainland, except in southern Banks, Victoria and Baffin Islands. Figure 2 is an enlarged view of Baffin's Low Arctic with the boundaries adjusted from Porsild's (1958) map to correspond with my observations.

Although the roughly triangular region encloses more than 150 000 km^2 - an area the size of Newfoundland - it is only about 30% of Baffin's total land mass. The zonal boundary simply shows where Low Arctic vegetation is known to occur; a more impoverished vegetation is generally encountered outside its limits. Within the boundary is a patchwork of areas containing a variety of different plant associations and degrees of abundance.

As research was focussed on this region, an attempt was made to answer a number of questions; how is "Low Arctic" defined on Baffin Island? How extensive is Baffin's 'actual' Low Arctic vegetation? How has this vegetation changed over time, and how do these changes relate to changes in climate? What relationships are there between vegetation zones and traditional Inuit land-use patterns?

I do not presume to answer these questions definitively in this paper; much research remains to be done.

Figure 2
Southern Baffin Island and surroundings, showing boundaries of the Low Arctic bioclimatic region.

Plant Associations

Far from being a uniform tundra or treeless plain, the landscape of southern Baffin Island is varied and complex. Elevations are mostly below 1 000 metres, and permafrost probably underlies the whole area. The depth of seasonal thaw (the active layer) varies from a few centimetres in wet terrain to almost two metres in coarse, well-drained soils.

In the hills, on the valley floors and on the coastal lowlands, many different plant habitats are found. Microclimates and soil conditions vary widely: on the same hill, summer temperatures may shift several degrees from north-facing to south-facing slopes. Similarly, the moisture regime can range from arid to wet. These microhabitat conditions are reflected in the vegetation of a site. Within each bioclimatic zone, the vegetation is similar at sites with similar microclimates. Such associations of plants are used to define a vegetation region and the subdivisions within it.

For purposes of this paper, tundra is understood to mean treeless but vegetated terrain, in contrast to barrens or polar desert where less than half the land supports higher plants. The richest Low Arctic tundra is shrub tundra, characterized by dwarf birch and willow growing less than half a metre high, though in exceptional cases they may exceed two metres (Soper 1936). On Baffin Island, shrub cover is rarely distributed over any large area. The shrubs tend to flourish best in sheltered locations - in slight depressions or in the lee of south-facing slopes. Here snowdrifts give protection from winter's cold and abrasive winds, then melt to supply soil moisture in summer (Figure 3).

Other woody plants and herbs are present, as well as grass-like herbs, grasses, sedges, rushes, mosses and lichens. In open lowland areas and on moderate slopes at lower elevations, one finds a tundra-heath formation. This consists of arctic white heather, Labrador tea, bilberry, mountain cranberry, and other woody plants including prostrate or low-erect birch and willow, and many others (Figure 4).

In exposed areas, particularly where winter snow-cover is thin and the ground becomes dry by mid-summer, there is grass-sedge tundra. Here, woody plants are limited to a few of the hardiest species, but lichens and mosses flourish (Figure 5). In poorly drained lowland areas where moisture is ample all summer, grasses give way to a wet tundra meadow where sedges (including cotton-grass), grasses and mosses thrive.

Upland areas generally support poorer, less-varied vegetation. Elevation is a major factor; J.D. Soper recognized distinct vertical zones in southern Baffin Island. The numbers of species and the amount of vascular plant cover diminishes with altitude, while the proportion of lichens increases (Figure 6). Grasses, sedges, dwarf willows, mountain avens, arctic poppy, and purple saxifrage may still be encountered, but above about 300 m, there is no continuous plant cover (Soper 1936).

Other, minor, plant associations and vegetation-landscape types occur in the Low Arctic region. In all of them, the proportion of woody plants declines as conditions become more severe, until no plants except the hardiest mosses and lichens will grow.

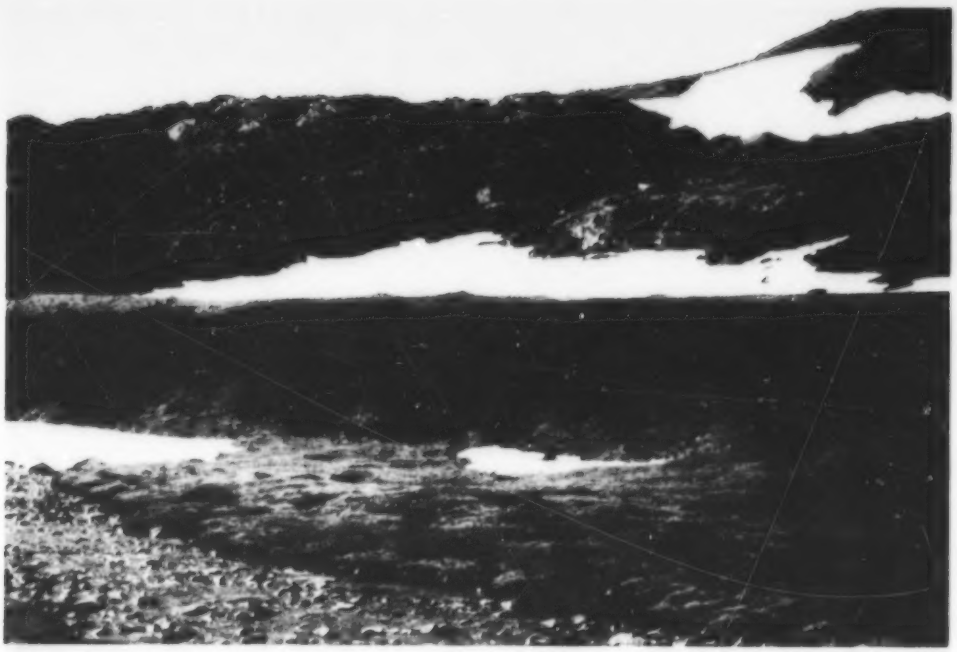

Figure 3
Dense birch-willow shrub formation in lee-slope snowbank situation.

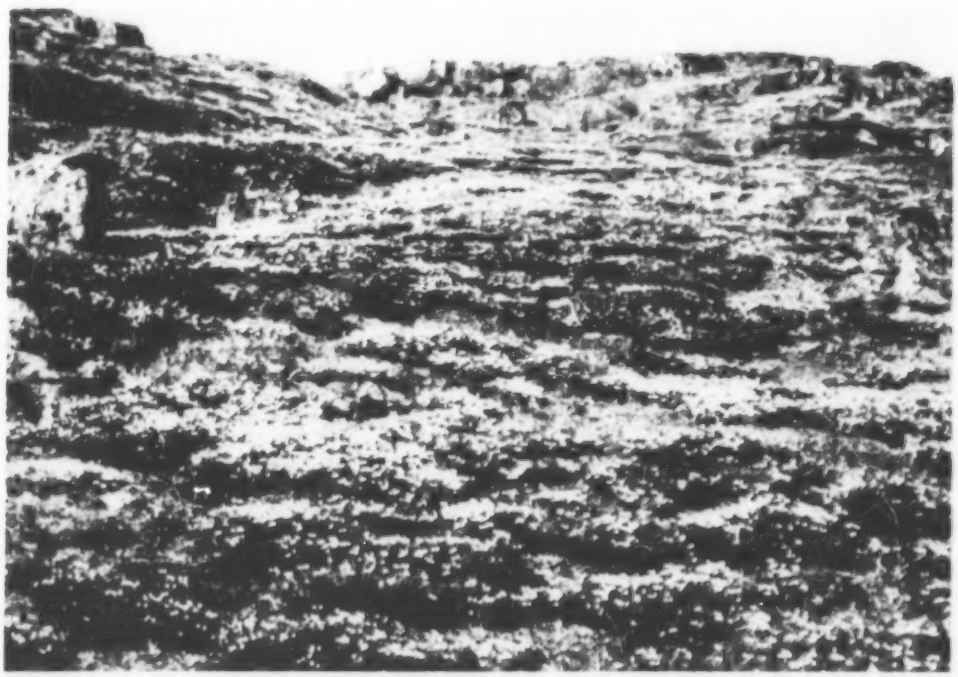

Figure 4
Arctic white heather and associated plants comprising tundra-heath vegetation.

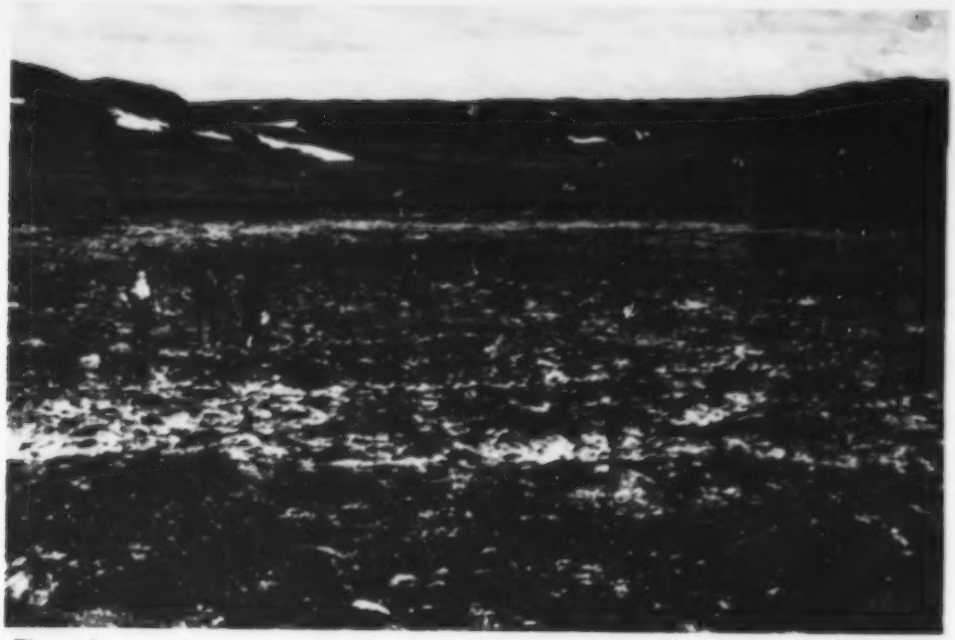

Figure 5
Grass-sedge tundra with frequent herbs and lichens, but few woody plants and no shrubs.

Figure 6
Upland lichen-sedge association on rocky hilltops and slopes.

The Extent of Low Arctic Tundra

Porsild's category "arctic dwarf shrubs-sedges-lichen-heath" may be seen as equivalent to Low Arctic. His "stony lichen-heath" is Middle Arctic, and "rock-desert" is High Arctic. But within the region designated as Low Arctic in Figure 2, we have actually found elements of all three zones.

There is no *general* decrease in Low Arctic elements with latitude. Shrub tundra is a more frequent formation at the head of Frobisher Bay than it is to the southeast on Davis Strait, but it is also present in limited amounts near Pangnirtung, and even on the south shores of Nettilling Lake. Relative proportions of the richest vegetation do decline near the northern limit of the zone. Much of the lowland around Nettilling Lake, for example, is impoverished tundra-heath, sedge-meadows and barrens, but overall productivity is still enough to support significant numbers of animals (Figure 7).

Estimates of the present extent of Baffin Island's Low Arctic vegetation can be made in a number of ways. Using Soper's (1936) criterion, we might exclude all areas over 300 m above sea level - roughly half the land area of southern Baffin Island. Much of the remaining land may be poorly vegetated for reasons other than climate, such as a deep cover of coarse glacial deposits. A fair proportion of southern Baffin has such surfaces.

Certain plant species, at the limit of their northern distribution and therefore sensitive to climatic conditions, can also be used to find the extent of the Low Arctic zone. Dwarf birch is one of these indicator species. Its distribution in southern Baffin is well established (Jacobs *et al.* 1985), but outliers or disjunct populations survive beyond the Low Arctic limit (as defined by other criteria), and confuse the picture.

Animals affect vegetation through grazing, hence surveys taken in places where they congregate, such as near river crossings, may not accurately represent an area's vegetation. Similarly, some plants may be scarce in the vicinity of human habitations because they have been heavily used for fuel. On the other hand, soils enriched by human waste and animal refuse may enable some plants to become unusually abundant. For these reasons, local surveys, particularly near settlements, are not an accurate way to determine regional vegetation patterns.

Remote sensing is another approach to vegetation mapping. Using satellite data to measure densities of vegetation cover, it was found that even the relatively favourable lowland area near the head of Frobisher Bay is only about 20% Low Arctic in character (Jacobs and Stenton 1985). It appears that the true extent of the Low Arctic bioclimatic zone in southern Baffin Island may be as little as 15 000 km^2 - about one-tenth of the area shown in Figure 2. Further research will determine the accuracy of this estimate.

Changes Over Time

Climate is continually changing, and nowhere is this more evident than in the Arctic. Studies have shown the effects of climate shifts over many thousands of years. Climatic shifts mean changes in the vegetation, in the productivity of the land, and ultimately in the availability of food for human populations. Past climates can be deduced by reconstructing past vegetation. Pollen grains are almost indestructible, and those that became buried in

Figure 7
Interior lowlands near Nettilling Lake with lichen-herb association in well-drained, raised areas, and sedge-meadows in wetlands below. This is an important summer range for caribou.

sediments form a record over time of how vegetation and - by implication - climate, have changed.

Figure 8 is an example of a pollen diagram, showing plant associations at successive levels. A section of soil in a cliff face near Iqaluit (Frobisher Bay) shows that a major transition, from fairly rich tundra heath to grass-dominated tundra, occurred about 1 700 years ago. I concluded that this was a response to a shift toward cooler, drier summers. While shrub-tundra elements are now fairly frequent in the Frobisher Bay area, neither the vegetation nor the climate can be said to have recovered to the levels of two or three thousand years ago (Short and Jacobs 1982).

Since there are still uncertainties in the interpretation of pollen records, it is necessary to obtain many records for comparison. Figure 9 is a composite of summer temperature curves plotted from statistical analysis of pollen records obtained at eight sites across southern and eastern Baffin Island (Short *et al.* 1985). Temperatures have been estimated by comparing ratios between present-day climate and modern pollen extracted from clumps of moss and lichen which act as natural samplers of the pollen "rain." Rather than reproduce all the curves, I have simply indicated some of the extremes and inferred a general trend. This is a conservative one at that, since there is considerable disagreement among individual records - more than can reasonably be explained by differences in climate across the region at a particular time, if present climatic gradients are any guide.

The actual change in regional temperatures may have been as much as 3°C between the postglacial thermal maximum of some 5 000 years ago and the generally cooler period of the 17th through 19th centuries - the Little Ice Age, a time of climatic stress in northern Europe and elsewhere (Lamb 1982).

Using actual instrumental records for the region, we see that by extending the curve to the present, there was a substantial recovery up until the middle of the present century. There has been some hint of a new cooling trend since the 1960s. This cooling is consistent with the cyclical pattern of temperatures shown by cores taken from ice caps. Their evidence suggests that a return to glacial conditions should be occurring, if natural processes alone were at work (Dansgaard *et al.* 1975).

Other factors must also be considered as we try to predict future climates. By studying still-imprecise mathematical models, many scientists have concluded that a substantial warming is inevitable over the next few decades - perhaps as much as 3°C before the middle of the next century. The warming trend, called "the greenhouse effect," is attributed to excessive amounts of carbon dioxide in the atmosphere (Canadian Climate Centre 1986). As Figure 9 indicates, such a warming would restore temperatures those levels experienced 5 000 years ago; a major change in regional vegetation would undoubtedly occur. If there were sufficient moisture, this would mean the expansion of shrub tundra in southern Baffin Island, and would possibly enable subarctic shrubs and trees to grow. Alternatively, under drier conditions a cold steppe or grassland could take shape.

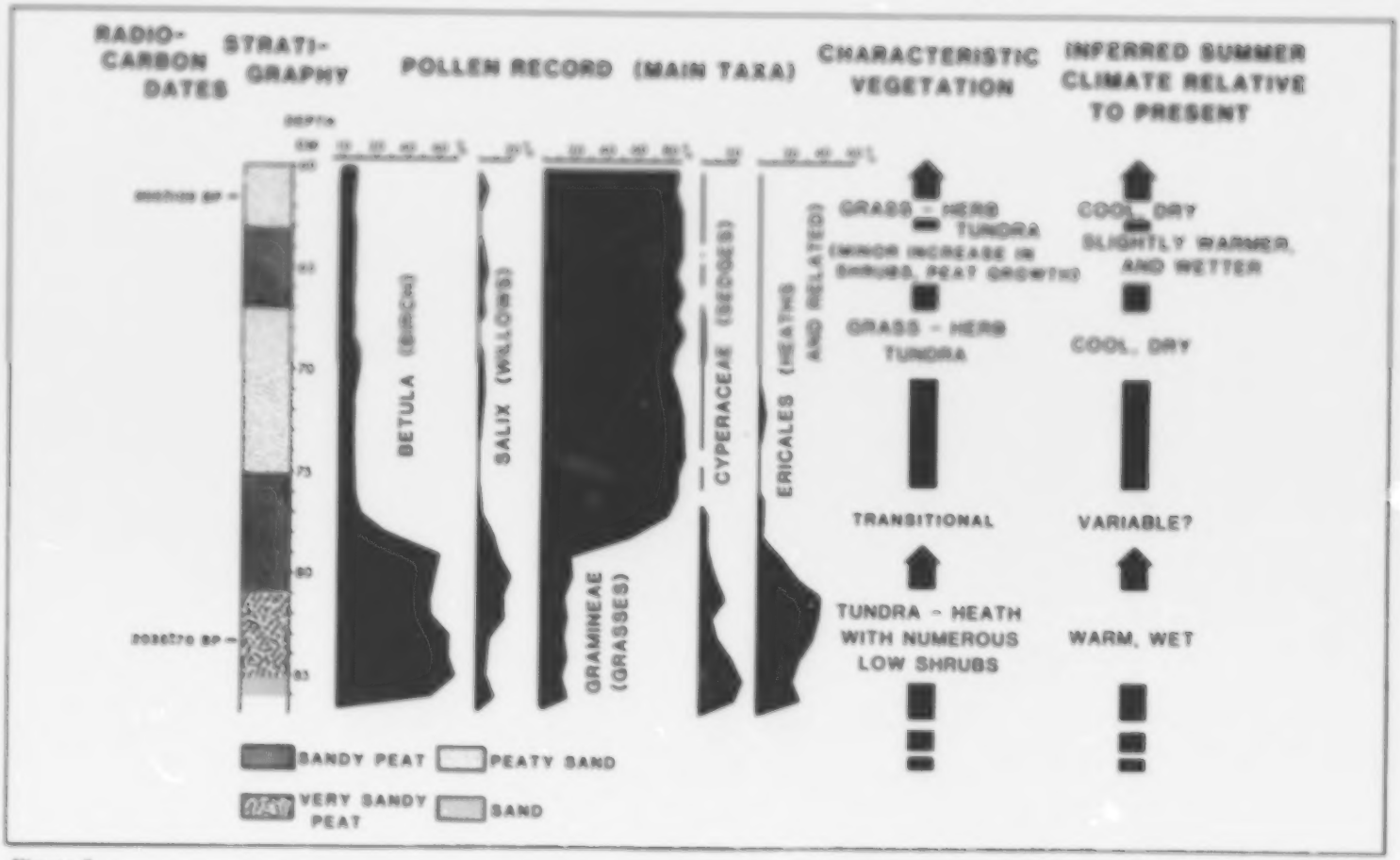

Figure 8
Pollen diagram from Burton Bay, near Frobisher Bay, and interpreted sequence of vegetation. Dates are years before present (B.P.) (after Short and Jacobs 1982).

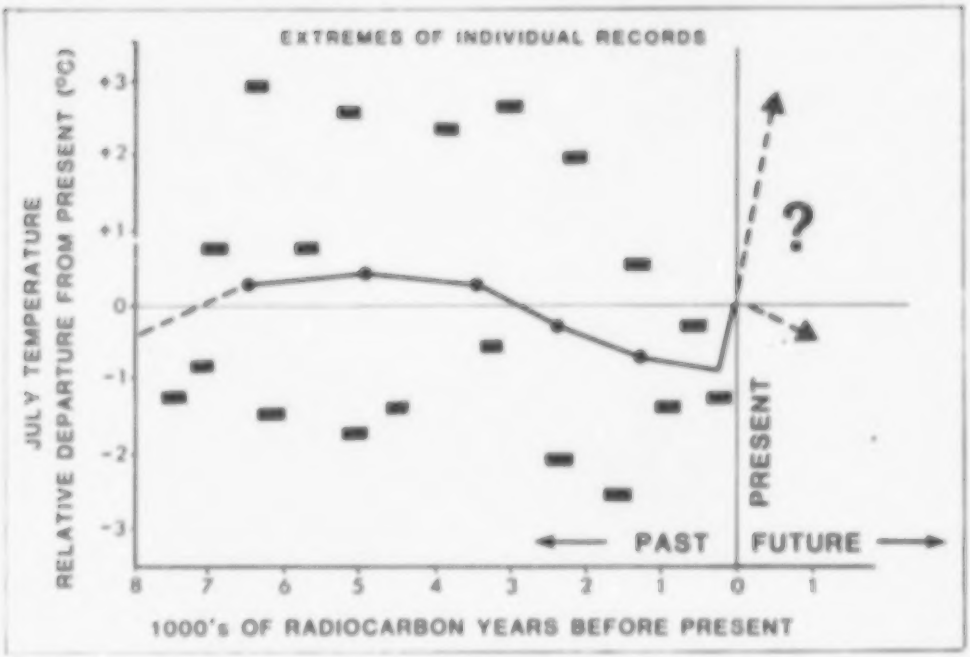

Figure 9
Composite of estimated summer temperature records obtained from the analysis of pollen records from seven sites in southern and eastern Baffin Island (after Short *et al.* 1985).

Figure 10
Evidence of year-round use of interior Baffin Island by prehistoric Inuit. A characteristic semisubterranean fall/winter dwelling of the Thule culture on the shore of Nettilling Lake.

People and the Resources of the Land

According to recent surveys of wildlife harvesting in the Baffin Region (Pattimore 1985), Inuit take about three times as much meat from the sea as they do from the land. Seals, walrus and whales form the bulk of the maritime harvest; caribou are the major quarry on land.

The caribou hunt has an important place in the seasonal round of subsistence activities. During 1982 the four south Baffin Island communities of Iqaluit, Cape Dorset, Lake Harbour and Pangnirtung reported a harvest of 5 293 caribou (Pattimore 1985). The total harvest of land and marine mammals, fish and wildfowl that year had a potential caloric value of 1 600 Kcal per person per day, or about 60% of the requirements of the region's human population, which numbers about 4 400.

Archaeological evidence shows that the ratio of caribou to sea mammals harvested has been greater in the past, particularly during intervals when the climate was mild. When wildlife was more abundant on the land and perhaps less accessible at sea, prehistoric people spent more of their time hunting inland, adjusting effectively to environmental change (Jacobs and Stenton 1985).

Douglas Stenton, a doctoral candidate in archaeology at the University of Alberta, carried out studies in 1984, 1985 and 1986 that confirm reports of substantial Thule culture settlements at Nettilling Lake (Figure 10). His surveys also turned up artifacts of the earlier Pre-Dorset and Dorset cultures.

The Pre-Dorset people were the first known inhabitants of Baffin Island, arriving nearly 4 000 years ago (Maxwell 1985). They hunted both on the coast and inland. At a site on Nettilling Lake, we found Pre-Dorset artifacts beneath a peat layer that yielded a radiocarbon date of 2 815 +/- 65 years BP (S-2780). By about 2 500 years ago, their descendants, the people of the Dorset culture, were adapting to a cooler climate by developing techniques for hunting more effectively on the ice. They still hunted caribou in the interior as well, and left traces there.

Less than 1 000 years ago, the Thule people arrived in southern Baffin Island. Well prepared for exploiting both the coastal and interior habitats, they practised a complex seasonal cycle of movement and harvest techniques that persisted into the present century.

Though archaeological work has scarcely begun, the picture emerging is one of substantial, sometimes year-round use of the Baffin's Low Arctic interior as well as its coastal fringe.

CONCLUSIONS

The Low Arctic region of Baffin Island is by no means uniform, but contains a variety of plant associations, representing a large range of primary productivity.

Over time, the climate and vegetation have changed and will continue to do so. In response, the numbers of caribou and other animals have increased or declined. For the last 4 000 years or so, human beings have been part of this

dynamic ecosystem. As long as the Inuit choose to subsist by hunting this rich Low Arctic region, it should serve them well. By continuing the study of how Baffin's microclimatic systems worked in the past, we will be better prepared to anticipate the effects of changes in the future.

John D. Jacobs is Professor, Department of Geography
University of Windsor, Windsor, Ontario.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author's research in southern Baffin Island has had the benefit of advice and assistance from many friends and colleagues, to whom I am grateful. My hope is that my northern friends will see the results as being of value to them. I appreciate the logistical support provided by the Iqaluit Laboratory, Indian and Northern Affairs Canada, and financial support given by the Natural Sciences and Engineering Research Council and the University of Windsor Research Board.

REFERENCES

Bliss, L.C., ed.
1977 *Truelove Lowland, Devon Island, Canada: A High Arctic ecosystem.* Edmonton: University of Alberta Press.

Canadian Climate Centre
1986 *Understanding CO_2 and climate.* Downsview: Atmospheric Environment Service.

Dansgaard, W., S.J. Johnson, H.B. Clausen, and C.C. Langway Jr.
1975 Speculations about the next glaciation. *Quaternary Research* 2: 396-398.

Edlund, S.A.
1984 High Arctic plants: new limits emerge. *Geos* 13(1): 10-13.
1983 Bioclimatic zonation in a High Arctic region: Central Queen Elizabeth Islands. In *Current Research, Part A*, 381-390. Geological Survey of Canada Paper 83-1A. Ottawa: Geological Survey of Canada.

Energy, Mines and Resources Canada
1974 *The national atlas of Canada*, 4th ed. Ottawa: Supply and Services Canada.

Jacobs, J.D., W.N. Mode, and E.K. Dowdeswell
1985 Contemporary pollen deposition and the distribution of *Betula glandulosa* at the limit of Low Arctic tundra in southern Baffin Island. *Arctic and Alpine Research* 17(3): 279-287.

_____,and D.R. Stenton
1985 Environment, resources, and prehistoric settlement in upper Frobisher Bay, Baffin Island. *Arctic Anthropology* 22(2): 59-76.

Lamb, H.H.
1982 *Climate, history and the modern world.* London: Methuen.

Maxwell, M.S.
1985 *Prehistory of the eastern Arctic.* Orlando: Academic Press.

Pattimore, J.W.
1985 *Inuit wildlife harvest for 1984 in the Baffin region.* Frobisher Bay (Iqaluit): Baffin Region Inuit Association.

Polunin, Nicholas
1960 *Introduction to plant geography.* London: Longman.
1951 The real Arctic: some suggestions for its delimitation, subdivision and characterization. *Journal of Ecology* 39: 308-315.

Porsild, A.E.
1958 Geographical distribution of some elements in the flora of Canada. *Geographical Bulletin* 11: 57-77.

Short, S.K. and J.D. Jacobs
1982 A 1 100 year paleoclimatic record from Burton Bay-Tarr Inlet, Baffin Island. *Canadian Journal of Earth Sciences* 19(3): 398-409.

Short, S.K., W.N. Mode, and P.T. Davis
1985 The Holocene pollen record from Baffin Island: modern and fossil pollen studies. In *Quaternary environments: eastern Canadian Arctic, Baffin Bay and western Greenland*, edited by J.T. Andrews, pp. 608-642. Boston: Allen and Unwin.

Soper, J.D.
1936 The Lake Harbour region, Baffin Island. *Geographical Review* 26(3): 435.

Wielgolaski, F.E., L.C. Bliss, J. Svoboda, and G. Doyle
1981 Primary production of tundra. In *Tundra ecosystems: a comparative analysis*, edited by L.C. Bliss, O.W. Heal, and J.J. Moore, pp. 397-483. New York: Cambridge University Press.

OCCASIONAL PAPERS OF THE PRINCE OF WALES NORTHERN HERITAGE CENTRE
No. 3 (1988) P. 93 - 110

FOOD FROM THE NORTHERN LAND: THE POTENTIAL FOR SMALL-SCALE FOOD PRODUCTION IN ARCTIC CANADA

W. Raymond Cummins, Bonnie M. Bergsma,
Mark J. Romer and Josef Svoboda

SUMMARY

Large-scale, high technology food production is unrealistic today and for the foreseeable future in arctic Canada. Its huge costs in equipment, energy and expertise cannot be recovered in the small markets provided by scattered northern settlements. But seasonal, small-scale gardening could economically put to use local human, material and energy resources with substantial rewards in terms of food produced and personal satisfaction to the successful gardener.

This is the conclusion the authors reached after two experimental research stations, operated at Rankin Inlet (63°N) and Alexandra Fiord, Ellesmere Island (79°N) from 1981 to 1984, successfully tested ways of cultivating both native tundra plants and a large assortment of common "garden" vegetables. Our specially designed, solar-heated greenhouses sheltered beds of greenery that grew in a medium prepared from local sand, peat and lake-bottom sediment. The resulting crops were substantially less expensive than imports and had higher nutritional quality and appeal because of their freshness.

Greenhouse production of food on a small scale is both feasible and economic in the Canadian Arctic, and has much potential for local entrepreneurs.

INTRODUCTION

Historical Perspective

Canada's Arctic occupies several million hectares of land, most of it unsuitable for conventional agriculture. Soils are poorly developed except in the river valleys, since original soils were carried away by ancient glaciers and are still in the process of rebuilding. Low temperatures allow only very slow rates of soil nutrient cycling, so soils are deficient in phosphorus and nitrogen, both necessary for plant growth. The extremely short arctic growing season will not permit sufficient growth for food crops to be raised by standard agricultural means.

Most attempts at agriculture in northern Canada have been limited to areas below the treeline and along the major river valleys, where climates are more favourable and richer alluvial soils are found (Albright 1933). Subarctic winters are nevertheless severe, and soils are underlain with discontinuous permafrost. To deal with such specifically northern crop production problems, Agriculture Canada established its first northern research stations - at Fort Simpson, Northwest Territories (Agriculture Canada 1954) and at Mile 1019 on the Alaska Highway in Yukon (Agriculture Canada 1965). In the 1950s the government set up another research station at Fort Chimo in northern Quebec (Hamilton 1958), where crop and animal husbandry experiments were carried out with some success. However, these experiments were abandoned in the late 1960s when the government decided to discourage marginal agriculture in Canada, directing its resources to more efficient farming in established areas. Modern agriculture needs a large social and economic infrastructure. The government's apparent strategy today is to slowly push crop production northward from established areas (Agriculture Canada 1981; Beattie *et al.* 1981), while developing efficient transportation and marketing to service new growing centres (Mackinnon 1982).

Conventional agriculture may be unsuited to the Arctic, but small-scale food production in tundra regions dates as far back as the whaling and exploration periods. Ships' captains tried to stave off scurvy in their crews by feeding them freshly sprouted seeds (Webb 1975). Hudson's Bay Company officials insisted that their northern traders make themselves self-sufficient, so gardens were planted at posts and forts along the shores of Hudson and James Bays. For many years missionaries in the Keewatin tried raising small crops, with some success (Moodie 1978).

In the 1970s, government-encouraged greenhouse operations at Yellowknife, Sanikiluaq and Iqaluit (formerly Frobisher Bay) struggled and died. These enterprises were short-lived, probably due to lack of experience on the part of operators. Poorly developed marketing strategies folded in the face of high capital costs and failure-prone technology.

There are strong reasons today for encouraging small-scale food production in remote northern communities. The cost of importing food is very high. The diet of people in northern Canada has suffered in recent years, as country harvest is replaced by imported foods (often "junk food") of widely varying nutritional quality. Locally produced food is both fresh and palatable (Figures 1 and 2), and increased availability would foster healthy diets.

Small-scale food production can be an enjoyable hobby, and has the potential for employment opportunities as well. Increased trade between settlements may result.

The Use of Tundra Plants as Food

Northern peoples have a tradition of using local plants to supplement their diet (Angier 1970; Walker 1986). At Rankin Inlet, we collected some 30 species for which there is a history of human use as food. The establishment of permanent arctic communities has led to a trend away from gathering wild plants.

Figure 1
Endive and Swiss chard growing successfully in the greenhouses at Rankin Inlet.

Figure 2
Don Gordon with three turnips grown at Rankin Inlet.

Nutritional Qualities of Tundra Plants

Edible tundra plants can be divided into three classes, according to the parts traditionally used: berries, leaf greens, or roots and stems. When analyzed for vitamin content and nutritional quality, tundra plants show a generally high level of vitamins C and A (Arnason *et al.* 1981; Turner 1981) There are indications, in fact, that plants growing in the north have more vitamin C than the same species found farther south (Rodahl 1954).

EXPERIMENTS IN THE CULTIVATION OF TUNDRA PLANTS

Growing Plants

To date there has been very little research into the cultivation of tundra plant species (Romer *et al.* 1981). But since 1979, we have investigated them at Rankin Inlet and Alexandra Fiord (Figure 3), testing growth rates and annual production by creating improved conditions (Romer 1983).

TABLE 1

Some common tundra plants found near Rankin Inlet

Common Name	Local Name	Scientific Name
Berries		
crowberry	*paunaq*	*Empetrum nigrum*
bilberry	*qisuktuq*	*Vaccinium uliginosum*
mountain cranberry	*kiqutaernak*	*Vaccinium vitis-daea*
bearberry	*kablaut*	*Arctostaphylos rubra*
Roots and stems		
vetch	*atraq*	*Oxytropis bellii*
vetch	*kiglauraq*	*Oxytropis maydelliana*
wooly lousewort	*anguraq*	*Pedicularis lanata*
bistort		*Polygonum viparum*
liquorice root		*Hedysarum alpinum*
Leafy greens		
scurvy grass	*sirnat*	*Oxyria digyna*
nodding saxifrage	*ninaraq*	*Saxifraga cernua*
dandelion	*wisuktuk*	*Taraxacum lapponicum*

Scientific nomenclature is from Porsild and Cody (1980).

Many arctic plants are not successfully propagated by seed. On the other hand, most of our transplants were successful, and overwintered in our plots at Rankin Inlet (Romer *et al.* 1983; Romer 1983).

Almost all tundra plants are perennial, with very slow growth rates. Non-woody plants overwinter at ground level or below the soil after stem and

Figure 3
The Green Igloos Farm sign with our farm site and Alexandra Fiord glacier in the background.

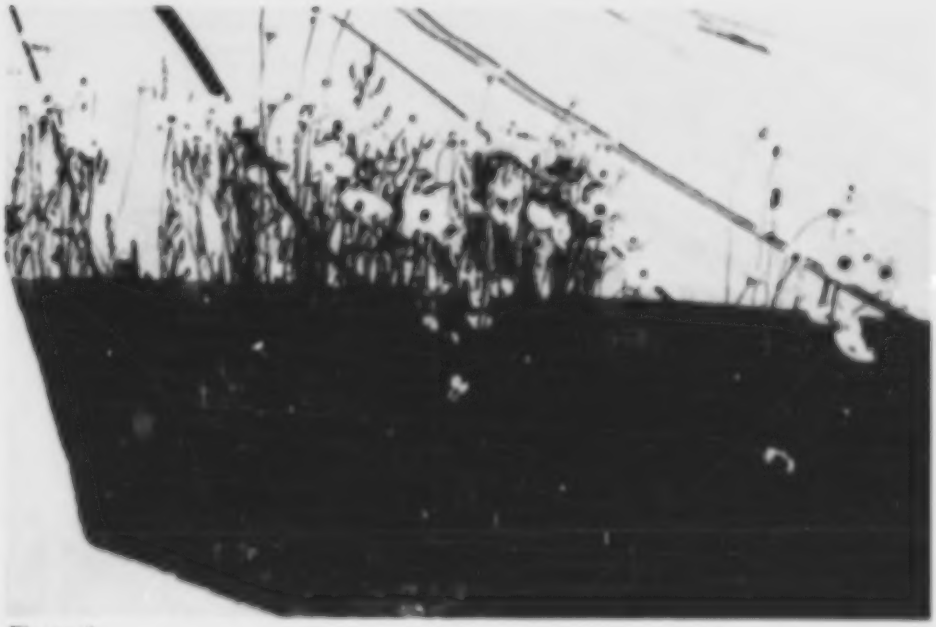

Figure 4
Yellow arctic poppies *Papaver lapponicum* growing 60 cm tall inside an igloo-style greenhouse at Alexandra Fiord, summer 1983. The same poppies growing on the open tundra are only a few centimetres tall.

leaves have died back. Their low growth habit allows them to stay in the warmer, calmer air near the ground. We altered growth conditions by taking tundra transplants into small greenhouses; this was to test whether an increase in temperature averaging 10°C would increase plant growth and annual production. To determine the effect of greater soil fertility, we added fertilizer containing phosphorus and nitrogen to our soil mixture of local peat, sand and lake-bottom sediments.

When tundra plants are transplanted into ameliorated conditions, there are three typical responses. Some grow faster, others grow at the same rate as on their native tundra, and still others grow even more slowly than they do on the tundra (Figure 4). Dramatic increases in growth rate and in harvestable yield occur in some plants (especially *Oxyria* and *Taraxacum;* see Table 1 for common and local names). In others, such as *Saxifraga*, the biomass produced is less than that observed for temperate crop plants at the same time and place.

Plants (such as *Polygonum* and *Hedysarum)* that grow more slowly under ameliorated conditions are probably limited genetically by the slow growth rate they have evolved. Plants, like *Pedicularis* that do not fare as well under improved conditions as they do on the open tundra may very well be parasitic, requiring certain companion plants to grow well. At any rate, *Pedicularis* cannot be successfully cultivated.

In general, we concluded that some tundra plants (especially the leafy ones) show good potential as crops. Most, however, would have to be bred for faster growth in order to produce enough food to make the effort worthwhile. Nonetheless, tundra plants are of considerable interest, simply because they do have the capacity to survive the stressful arctic environment (Mawson *et al.* 1986). It is important to understand their mechanisms and strategies for survival, if we are to breed successful northern crops.

We have not completed enough research to determine the potential of enhancing berries as food crops. Fruit-bearing plants transplanted from the tundra to greenhouses overwintered successfully in our field trials at Rankin Inlet. While their growth rates are slow, they may show possibilities for future cultivation.

The Design of Arctic Plant Growing Facilities

Although temperatures above the treeline have a July mean of 10°C or lower and the growing season is short (70-90 days), the Arctic's very long summer days promote plant growth by allowing photosynthesis to occur almost continuously. Winds, however, are also virtually continuous, reducing plant temperatures and increasing their need for water. By sheltering plants from the wind in small plastic-covered greenhouses we succeeded in increasing leaf temperatures by an average of 10°C. This solar heating stimulated growth in several tundra species, and in most of the temperate crop plants we tested.

Several small greenhouses were built using economical materials that were lightweight (for long distance shipping), yet easy to assemble, and resistant to wind and snow damage (Figures 5 and 6). We experimented with several types of plastic covering, looking for the most durable; we also wanted a minimum of shadowing and reflection, so that as much heat and light as possible could be captured.

Figure 5
A view of Green Igloos Farm, facing south with Alexandra Fiord's glaciated lowland in the background.

Figure 6
Frames for 40 small-scale greenhouses, photographed after a summer's construction at the Arctic Research and Training Centre in Rankin Inlet.

Our studies produced three basic designs. The first is rectangular; its 1.2 m by 2.4 m plywood A-frame, covered with polyethylene, is set low to reduce wind damage. The second greenhouse design is igloo-style; a 3-metre fibreglass dome frame covered with Dupont Fabrene material. The third greenhouse is a walk-in igloo 6 m in diameter. It is an aluminum frame with Dupont Fabrene plastic walls and roof.

Circular designs are especially suitable above the Arctic Circle because light can be captured from all angles during the long summer days. Domes also tend to be more stable in storms. All the translucent coverings we used gradually lost their ability to transmit light as the materials aged. Their effective lifetime is about three seasons, provided that they are properly stored over the winter.

A useful guide to earlier greenhouse designs can be found in the book *Northern Gardening* (Harris 1976).

Soil Considerations

Tundra soils are generally very stony (Nowosad and Leahy 1960), and must be mixed with conditioners, preferably close to the greenhouse operation. Sand and peat deposits are common enough near settlements. It might be a good idea for communities building roads, foundation pads or airstrips to require contractors to mark deposits they discover while searching out construction-grade aggregate. Sand, peat and soil deposits have real value for future arctic gardeners.

We also mixed sediments from the margins or bottoms of lakes into our soils. This organic material improves soil texture, and enhances aeration and water retention. We have not found it necessary to add clay to our plant-growing mixtures. Few northern settlements have clay deposits nearby (Nowosad 1963); Rankin Inlet is one exception.

Plant growth is limited by low root temperatures, especially above permafrost. We installed styrofoam bats under the soil in some of the greenhouses to retard heat loss to the frozen ground. This seems to be most important in the earlier part of the season because it allows planting to begin sooner. Insulation had less significant effects later in the season. At Rankin Inlet, we placed our greenhouses on aggregate pads to insulate them from the permafrost; the pads also provided drainage, which allowed earlier thawing and planting.

At Alexandra Fiord, the soil on the lowland was suitable for direct use as a plant-growing medium. We used raised soil beds and plastic "grow bags" filled with soil inside our igloo-style greenhouses. The black plastic bags allowed greater heating of soil and roots, and improved yields of our root crops, especially potatoes (Figure 7). The water, which was to be applied to crops, was prewarmed by storage in large black-coated containers in the igloo greenhouses.

Field Trials of Greenhouse Produce

During the summers of 1982 and 1983, we filled 40 small rectangular greenhouses in our "Keewatin Gardens" at Rankin Inlet with seeds and transplants of temperate crop plants. Most successful were the leafy vegetables -

Figure 7
Technical assistant Jessica Thompson examines potatoes growing in bags and covered with clear plastic mulch. An igloo-style greenhouse is visible in the background, with Alexandra Fiord itself in the distance.

lettuce, spinach, bok-choi (Chinese cabbage), kale, endive, beet greens, green onions, kohlrabi and Swiss chard (Figure 8). Among our successful root crops were radishes, turnips and potatoes. Requiring a longer season and therefore more difficult to grow were carrots, peas, beans and zucchini. The most difficult crops, because they must be started indoors prior to final planting outside, were cabbage, brussels sprouts, broccoli and cauliflower. Tomatoes and cucumbers require supplemental heating to avoid chill damage. The varieties we tested are too much of a challenge for reliable summer cultivation in the Arctic.

From 1982 to 1984, "Green Igloos Farm" at Alexandra Fiord (79^{O}N), Ellesmere Island was operated. We believe this was the most northerly agricultural research station in the world. In our large (6 m) and small (3 m) igloo-style greenhouses, we planted the same vegetables we had also planted at Rankin Inlet. Because of the fiord's earlier snowmelt and 24-hour summer sunshine (which reduced the chance of night frosts) planting could start earlier than at Rankin Inlet. All our vegetables, except tomatoes and beans, were successful.

At Green Igloos Farm, emphasis was placed on potatoes. Early-maturing varieties produced nearly as well as in the south, provided slightly more fertilizer was applied than recommended by packagers. Some potato varieties ("Yukon Gold" was one) produced good yields even when we grew them outside the greenhouses; black plastic bags were used to hold their soil, and they were further protected with clear plastic mulch.

It is possible, then, to grow food in economical light-weight greenhouses during the short arctic summer (mid-June to late August). A ready water supply is essential, as are local sources of materials from which to create a growth medium.

Economic Feasibility Analysis

The costs to be considered must include the following

Start-up costs:

Land tax or land lease cost
Transport of peat, sand, aggregate to site
Site preparation (labour to prepare aggregate pads)
Soil preparation (labour to admix soil amendments)
Greenhouse cost
Greenhouse freight (air or sea lift)
Greenhouse assembly (labour)
Water supply connection

Operating costs:

Fertilizer
Fertilizer freight
Seed
Labour for planting, watering, monitoring, harvesting
Storage of crop after harvest and before sale
Marketing costs, including communication and packaging
Transportation of produce to other settlements

Direct benefits:

To the grower: premium prices are paid in the Arctic for high-quality, fresh produce.

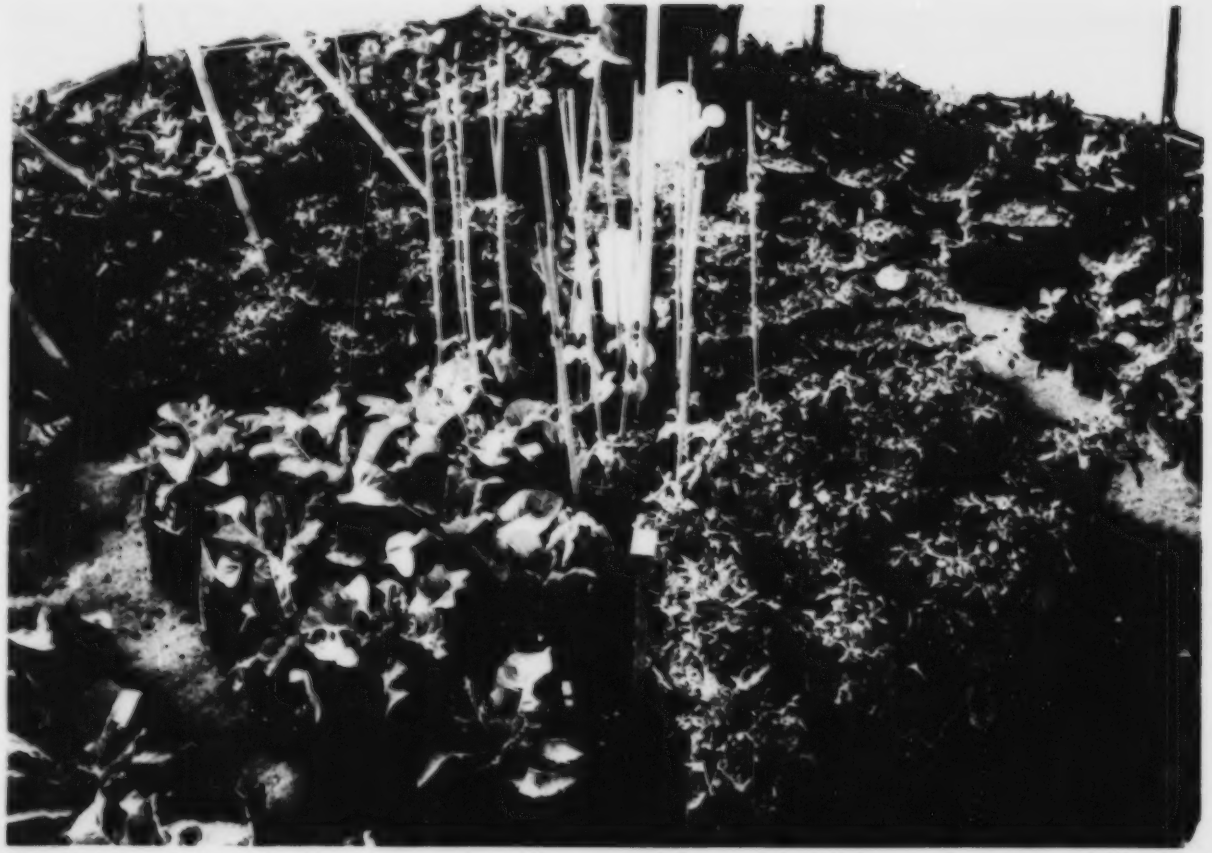

Figure 8
Intensive cultivation is possible inside large, walk-in igloo greenhouses. From the left are cabbages, broccoli, Swiss chard, tomatoes, and cauliflower. The plants are distributed radially around the centre of the structure to maximize available light as the sun circles overhead.

To the consumer: transport costs now paid by Northerners for imported food would be eliminated.

Indirect benefits:
Increased employment for Northerners
An improved diet including food otherwise not available
Increased local awareness of the importance of food quality and nutritional value
Education in food production for people who would not otherwise have this opportunity
Rewarding activity for local enthusiasts
Opportunities for inter-settlement trade
Increased community interaction and awareness

A variety of different approaches to cost-benefit analysis of an arctic greenhouse operation can be found in related literature listed under *References* at the end of this article. The following should be consulted by the serious entrepreneur: Day and Landolt 1978; Lewis *et al.* 1980; Ferguson *et al.* 1982; Poole 1985; Bergsma 1986; Romer 1987.

Potential Problems

At least initially, a trained, experienced and committed person must be on hand to ensure that a gardening project is begun properly and can be completed.

Gardening is seasonal. As an economic activity it conflicts with other seasonal pursuits such as construction, hunting and fishing. Greenhouse employees might not be available when they are needed.

Local markets are small; they can easily be saturated by seasonal produce, which loses its market value very quickly. Storage is a problem for produce that's unsuitable for freezing. Potatoes could be stored in consumers' homes, but warehousing of most produce over the winter would require costly insulation and supplemental heating to prevent deterioration. On the other hand, some vegetables could be blanched and stored frozen in outside bins specially constructed to take advantage of the permafrost (Copland 1956).

Energy costs are too high for most communities to afford a year-round production facility, since greenhouses would need heating and lighting most of the year.

CONCLUSIONS

Small-scale food production in remote northern communities is technically feasible using low-technology, seasonal greenhousing. The small size of the potential market, however, must be taken into account, especially in the remote communities.

Year-round food production can only be contemplated when and where the cost of energy for lighting and heating is afforded by new technologies, or subsidies.

Figure 9
Bernadette Kanoyak with a crop of endive from Keewatin Gardens. Bernadette was a trainee from Rankin Inlet.

Figure 10
Keewatin Gardens: a class from the elementary school at Rankin Inlet samples produce and explores horticultural technology firsthand.

Some tundra plants and many temperate-region species can be grown successfully at Rankin Inlet (in the Middle Arctic) and at Alexandra Fiord (in the High Arctic). Theoretically, harvestable yields should be attainable in most, if not all, northern communities.

Longer-term research is needed on a sustained basis, to develop the technologies of northern food production. Such studies might include small pilot projects like the one established at Pond Inlet in 1986 (Romer 1987). The facilities ought to be manned by a dedicated team who would train and consult with local entrepreneurs and hobbyists (Figure 9). The teams would continue to develop small-scale technologies, and conduct crop trials each summer. During the off-season, team members could speak in northern communities and prepare updated guides and pamphlets for use by residents and students (Figure 10).

Communities should designate and conserve local deposits of good peat and fine sand, for use by future gardeners.

Designers of northern houses should consider incorporating small greenhouses and plant growing facilities into future homes. Features like this would combine well with structures for passive solar heating systems. The arctic growing season would be extended, and more food produced, with minimal energy costs.

W. Raymond Cummins, Associate Professor, and Josef Svoboda, Professor, are affiliated with the J. Tuzo Wilson Research Laboratories, Department of Botany, Erindale College, University of Toronto, Toronto, Ontario.

Bonnie M. Bergsma received her M.Sc. from the Department of Botany, Erindale College, University of Toronto, Toronto, Ontario. She is currently taking time out to raise a family.

Mark J. Romer is Manager of the Phytotron, Department of Biology, McGill University, Montreal, Quebec.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful for the support and encouragement of the following: the Donner Canadian Foundation; the Northern Scientific Training Grants Program of Indian and Northern Affairs Canada; the Science Institute of the Northwest Territories; the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada; the Arctic Working Group of the University of Toronto; the Arctic Research and Training Centre (operated by the University of Saskatchewan at Rankin Inlet); the Polar Continental Shelf Project (for logistical support in the High Arctic); the Royal Canadian Mounted Police (for use of facilities at Alexandra Fiord); and the hamlet council and people of Rankin Inlet, Northwest Territories.

REFERENCES

Agriculture Canada
1981 Northern development. In *Challenge for growth: an agri-food strategy for Canada*, pp. 18-19. Ottawa: Agriculture Canada.
1965 *Research report for 1960-1964 of the experimental farm at Mile 1019 of the Alaska Highway, Yukon Territory*. Ottawa: Agriculture Canada.
1954 *Progress report for 1947-1953 of the dominion experimental substation at Fort Simpson*. Ottawa: Agriculture Canada.

Albright, W.D.
1933 Crop growth at high latitude. *Geographical Review* 23: 608-620.

Angier, B.
1970 Edible northern plants. *The Beaver* (Winter): 21-23.

Arnason, T., R.J. Hebda, and T. Johns
1981 Use of plants for food and medicine by native peoples of eastern Canada. *Canadian Journal of Botany* 59: 2189- 2235.

Beattie, K.G., W.K. Bond, and E.W. Manning
1981 *The agricultural use of marginal lands: a review and bibliography*. Publication number EN73-4/13E. Ottawa: Canada Land Inventory.

Bergsma, B.M.
1986 "The effect of low temperatures and continuous photoperiod on the growth of the potato (*Solanum tuberosum*) in the high and mid arctic, Northwest Territories, Canada." M.Sc. thesis, University of Toronto, Toronto.

Copland, A.
1956 *Natural cold storage in the Canadian north*. Report 3/55. Ottawa: Defence Research Board of Canada.

Day, D.R., and J.P. Landolt
1978 *Feasibility study for an arctic food producing facility*. Technical report number 78 x 2. Ottawa: Defence and Civil Institute of Environmental Medicine.

Ferguson, Naylor, Simek, and Clark Ltd.
1982 Greenhouse feasibility study. Final report for the Hay River Economic Development Corporation. Ferguson, Naylor, Simek, and Clark Ltd., Hay River, N.W.T.

Hamilton, R.J.
1958 *False River experimental substation at Fort Chimo, Quebec: annual reports for 1955, 1956, and 1957*. Ottawa: Agriculture Canada.

Harris, R.E.
1976 *Northern gardening*. Publication 1575. Ottawa: Agriculture Canada.

Lewis, C.E., W.C. Thomas, and R.A. Norton
1980 *Controlled environment agriculture: a pilot project.* Alaska Agricultural Experiment Station, Bulletin 55. Anchorage: University of Alaska.

Mackinnon, C.S.
1982 The rise and decline of agriculture and horticulture in the Mackenzie district and the Yukon. *Musk-ox* 30: 48-63.

Mawson, B.T., J. Svoboda, and W.R. Cummins
1986 Thermal acclimation of photosynthesis by the arctic plant, *Saxifraga cernua. Canadian Journal of Botany* 64: 71-76.

Moodie, D.W.
1978 Gardening on Hudson Bay: The first century. *The Beaver* (Summer): 54-59.

Nowosad, F.S.
1963 *Report on the possibility of kitchen gardens and greenhouses in the Keewatin region, Northwest Territories, bordering the Hudson Bay.* Ottawa: Agriculture Canada.

_____, and A. Leahy
1960 Soils of the arctic and subarctic regions of Canada. *Agricultural Institute Review* 15(2): 49-50.

Poole, P.
1985 *Polar solar. Report on the design, construction and installation of a greenhouse at Pond Inlet, Northwest Territories.* Ottawa: Department of Indian Affairs and Northern Development.

Rodahl, K.
1954 Vitamin content of arctic plants, Part 3. *Transactions and proceedings of the Botanical Society of Edinburgh* 36(4): 267-277.

Romer, M.J.
1987 Pond Inlet gardens: A report on the design and operation of a solar greenhouse on north Baffin Island, N.W.T., with particular reference to economic viability of vegetable production for arctic regions. Toonoonik-Sahoonik Co-op and Department of Economic Development and Tourism, Pond Inlet.
1983 "The production and performance of native and temperate-crop plants in Rankin Inlet, Northwest Territories." M.Sc. thesis, University of Toronto, Toronto.

_____, W.R. Cummins, and J. Svoboda
1983 Productivity of native and temperate-crop plants in the Keewatin District, Northwest Territories. *Naturaliste Canadien (Rev. Ecol. Syst.)* 110: 85-93.
1981 Is there a potential for Canadian northern agriculture? A justification for research on northern native plants as potential food crops. In *Proceedings of the first international symposium on renewable resources and the economy of the North*, edited by M.M.R. Freeman, pp. 161-165. Ottawa: Association of Canadian Universities for Northern Studies.

Turner, N.J.
1981 A gift for the taking: the untapped potential of some food plants of North America. *Canadian Journal of Botany* 59: 2331-2357.

Walker, M.
1984 *Harvesting the northern wild: a guide to traditional and contemporary uses of edible forest plants of the Northwest Territories.* Yellowknife: Outcrop.

Webb, K.
1975 Mustard sprouts tonight, sailor's delight. *North* 22: 14-17.

L'HISTOIRE NATURELLE DU NORD CANADIEN:

ÉTAT DES RECHERCHES ACTUELLES

Carolynn Kobelka
Christopher Stephens

Éditeurs généraux

Documents hors série du
Centre du patrimoine septentrional Prince de Galles

Nº 3

1988

Centre du patrimoine septentrional Prince de Galles
Yellowknife, T.N.-O.

Publié avec l'autorisation de:

L'honorable Titus Allooloo,
Ministre,
Culture et Communications

Éditeur: Rosemary Allerston

ISBN 0-7708-3646-4
ISSN 0831-4764

TABLE DES MATIERES

Préface 5

Introduction 8

Dolines, entonnoirs et vallées encaissées : les karsts gypseux du parc national Wood Buffalo
John A. Brophy 11

Batraciens et reptiles dans les Territoires du Nord-Ouest
Karl W. Larsen et Patrick T. Gregory 25

La sauvagine dans les Territoires du Nord-Ouest: importance et gestion d'une ressource de classe mondiale
Robert G. Bromley 47

Climat, végétation et ressources dans le sud de l'île de Baffin
John D. Jacobs 69

La culture dans le Nord: les possibilités de l'agro-alimentaire à petite échelle dans l'Arctique canadien
W. Raymond Cummins, Bonnie M. Bergsma, Mark J. Romer et Josef Svoboda 87

PRÉFACE

La Division du patrimoine du gouvernement territorial a été créée il y a seize ans. Le musée territorial, le Centre du patrimoine septentrional Prince de Galles, célèbre cette année son neuvième anniversaire. Les présents documents de recherche sur l'histoire naturelle constituent le troisième volume des Documents hors série.

Les faits précités témoignent de nos réalisations et de notre croissance. En 1972, l'adoption par la législature de la politique relative au musée des Territoires a fait ressortir le besoin de créer un organe chargé d'assurer des services d'archivage et de muséologie pour l'ensemble des Territoires du Nord-Ouest. Sept ans plus tard, le Centre du patrimoine septentrional Prince de Galles commençait à assumer ces services. La collection d'artefacts et de documents écrits et illustrés s'est enrichie rapidement, au rythme de 15 000 articles par année. Grâce aux programmes de conservation et d'archivage, on a pu rassembler des objets d'art, des livres rares, des photographies, des artefacts historiques, des objets ethnographiques et archéologiques ainsi que des échantillons d'histoire naturelle. Les fonctions auxiliaires de conservation et d'interprétation de ces richesses se sont développées sensiblement au même rythme. Un programme d'archéologie a permis de protéger et de sauvegarder les traces parfois indélibiles et les artefacts souvent fragiles des habitants du Nord, et de les faire parler. Des présentations visuelles et tactiles ont été créées dans le cadre d'un programme d'éducation et d'expositions. Un service consultatif sur le patrimoine offre une aide technique, des matériaux et de petites subventions aux collectivités participant à des projets de conservation du patrimoine. On a adopté toute une gamme de mesures (politiques, musées, programmes professionnels) visant à conserver et à interpréter l'histoire de la population septentrionale et de son territoire.

Cependant, l'intreprétation de l'histoire ne se résume pas à la collection et à la conservation d'artefacts. Il faut aussi employer d'autres moyens. Pour bien interpréter l'histoire, il faut élaborer des présentations dramatiques, graphiques et littéraires créatives. Il ne faut écarter aucun moyen pour donner vie à l'histoire. Les Documents hors série visent à faire état de travaux de recherche scientifiquement valables et à en faire connaitre les résultats sous une forme compréhensible aussi bien des profanes intéressés que des scientifiques. Ils poursuivent également un autre objectif, à savoir transmettre des renseignements sur les riches traditions culturelles de la population autochtone septentrionale et sur l'histoire naturelle du territoire où vit cette population.

De nos jours, la préservation et l'interprétation du patrimoine sont d'une importance primordiale pour les autochtones. Un coup d'oeil sur les récentes tendances politiques et économiques nous fait comprendre pourquoi. Le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest est maintenant constitué d'une assemblée législative entièrement élue et d'un conseil exécutif, et la majorité des députés sont d'ascendance autochtone septentrionale. Le développement et la croissance économique sont au coeur des préoccupations de la population septentrionale autochtone, et ils sont liés aux revendications territoriales. Le seul moyen d'assurer aux autochtones la sécurité et la stabilité économiques est de régler ces revendications. La croyance selon laquelle les autochtones s'identifient à la terre est à la source de leurs revendications. Ils considèrent le roc, l'eau, l'espace - les ressources primaires - comme leur véritable patrimoine

renfermant les souvenirs et les récits du passé, comme leur principale source d'inspiration spirituelle, les moyens économiques pour assurer leur bien-être, et leur seule garantie d'un avenir culturel distinct. Le milieu septentrional naturel, qui représente le tiers de la superficie du Canada et qui abrite une population composée de Dene, d'Inuit et de Métis répartie dans 62 hameaux, représente leur droit à la survie.

Ainsi, pour les autochtones, «connaître le territoire» n'est pas seulement un souhait, mais une nécessité. Cependant, cela n'a jamais été aussi difficile à réaliser que maintenant, alors que le style de vie des jeunes est déterminé par l'économie mondiale et que les traditions incarnées par les anciens semblent dépassées. Néanmoins, ces traditions respectent l'ordre et la croissance de la nature, deux éléments plus faciles à comprendre lorsque l'on vit dans un milieu naturel plutôt qu'artificiel. Cela explique pourquoi les anciens de la nation Dene insistent pour que les jeunes se familiarisent avec leur patrimoine naturel et culturel.

L'augmentation au cours des dernières années du nombre de projets communautaires axés sur le patrimoine témoigne du fait que l'on a réalisé que le territoire et les traditions des anciens font partie intégrante du développement des autochtones. Ces projets portent notamment sur l'histoire orale, les spectacles, les festivals et les objets d'art qui visent à redonner vie aux traditions sous une forme souvent contemporaine. L'émergence d'écoles communautaires et de centres d'enseignement régionaux témoignent également de ce fait. Ces écoles et centres font appel aux aptitudes de gens qui possèdent peu d'instruction, mais qui ont acquis au fil des années qu'ils ont vécues dans le Nord une grande sagesse quant aux connaissances traditionnelles. De même, le tourisme exige que le patrimoine naturel soit interprété par des personnes qui le vivent.

Au cours des dernières années, le Centre du patrimoine septentrional Prince de Galles et l'Institut scientifique des Territoires du Nord-Ouest ont parrainé des programmes professionnels et scientifiques dans le Nord. Ces programmes ont souvent porté à la fois sur le milieu naturel et les moyens employés par les autochtones pour s'y adapter.

En 1987, la Division du patrimoine du gouvernement des Territoires a participé à 57 projets, dont la moitié était axée sur le patrimoine naturel de l'Arctique et du Subarctique. La réussite de ces projets dépendait de la participation des autochtones, tant des anciens que des jeunes. Parmi les projets récents ayant trait au patrimoine naturel, mentionnons la construction d'un centre d'interprétation à Pangnirtung (île de Baffin) - la porte des parcs Aiyuittuq et Keberten; l'aménagement d'une exposition sur les modes de vie des Inuit pour l'école de Sanikiluaq (baie d'Hudson); des fouilles aux sites préhistoriques d'Igloolik (péninsule de Melville); le relevé et la dénomination des accidents géographiques de Sachs Harbour (île de Banks); une collection de photos historiques du fort Good Hope (fleuve Mackenzie); l'élaboration de trousses scolaires sur la faune et la flore septentrionales; le montage d'une exposition itinérante sur le trappage; la collection et la conservation d'échantillons de minerais, de tissus osseux d'animaux terrestres et marins, etc.

Aujourd'hui, le développement soutenu du Canada septentrional et la mise en valeur de ses richesses mettent en danger les fragiles écosystèmes arctique et subarctique, et avec eux les cultures autochtones. Lors de la prise de décisions politiques en matière de développement, il est de la plus grande

importance d'adopter des lignes directrices responsables énoncées de façon bien réfléchie.

C'est dans cet esprit que le Centre du patrimoine septentrional Prince de Galles publie le troisième des Documents hors série intitulé «L'histoire naturelle du Nord canadien: état des recherches actuelles». Il s'agit d'un effort sincère en vue d'élargir le champ des connaissances sur un sujet très vaste. Les documents de recherche ne cherchent pas à tout couvrir. Ils constituent des contributions préliminaires sur l'histoire naturelle du Nord. Ces documents offrent une interprétation de l'histoire naturelle qui témoigne de la croissance et de l'ampleur des activités de la nature dans le Nord. Ils serviront également de référence au véritable patrimoine des autochtones.

Nous remercions sincèrement les auteurs des documents de recherche présentés dans ce volume. Ils ont fait preuve d'une grande patience lors de la longue révision des documents, de la vulgarisation et du changement d'éditeurs. Nous remercions en particulier Robert Janes qui a écrit une introduction détaillée. L'interprétation du patrimoine naturel doit beaucoup à cet homme de science qui continue d'inspirer les chercheurs et le reste de la communauté professionnelle. Le seul membre du comité de rédaction à persévérer depuis le début est Carolynn Kobelka. Seul son dévouement a pu lui permettre de ce faire. Les autres personnes qui ont fait partie du comité à un moment ou à un autre sont Ellen Bielawski, Robert Janes, Lynette Harper et Barbara Winter.

Nous voulons remercier les scientifiques qui ont généreusement accepté de corriger les documents de ce volume. Ce sont W. George Alliston, J.D. Aitken, John Brindle, Francis Cook, R.O. van Everdingen, Derek C. Ford, C. Stuart Houston, R.W. Murphy, Richard Revel, K.W. Stewart, Marilyn Walker et Patrick J. Webber, ainsi qu'un relecteur qui a préféré conserver l'anonymat.

Peggy Monroe, Kathy Cadieux, Donna Leedham et Judy Edgar, du Centre du patrimoine septentrional Prince de Galles, ont fourni les services de secrétariat et d'administration. Le Bureau des langues du ministère de la Culture et des Communications a effectué la traduction des articles. Edna Elias et Rassi Nashalik ont veillé à la traduction vers l'Inuktituk, et André Bujold vers le français. Yvonne Lynn et John Moss, de la section du design et de l'impression du ministère, ont supervisé la production. Wally Wolfe, conservateur des expositions au Centre du patrimoine septentrional Prince de Galles, a conçu la page couverture. Nous remercions tous ces gens.

Enfin, nous tenons à remercier spécialement M. Art Sorensen, et Mme Ethel Blondin-Townsend, respectivement sous-ministre et sous-ministre adjoint de la Culture et des Communications. Ils ont joué un rôle important en soutenant la vague de projets de mise en valeur du patrimoine. On peut attribuer à leur appui le succès de notre entreprise et d'autres réalisations futures.

Janvier 1988

Christopher Stephens
Directeur
Centre du patrimoine septentrional
Prince de Galles

INTRODUCTION

Le troisième volume des Documents hors série du Centre du patrimoine septentrional Prince de Galles marque un changement notable par rapport aux deux volumes précédents consacrés à l'histoire humaine des T.N.-O. La gamme des sujets présentés dans les articles qui suivent n'est pas moins vaste pour autant, puisque ces derniers touchent diverses sciences naturelles et physiques dont la botanique, la zoologie, l'herpétologie, la géologie et la géographie. Dès le départ, il faut souligner les efforts des éditeurs du présent volume qui ont cherché à créer un certain équilibre entre les différentes disciplines. Cet équilibre est plus difficile à atteindre dans le monde complexe de la recherche scientifique. Par exemple, la recherche en sciences humaines diminue dans les Territoires du Nord-Ouest comparativement à celles en sciences naturelles et physiques, en dépit des efforts des chercheurs de la région et de l'extérieur. On ne connaît pas encore les raisons de cette tendance, mais il semble qu'il y ait moins d'étudiants et d'érudits qui se consacrent aux sciences sociales septentrionales en cette fin du XX^{e} siècle.

Pour surmonter cette difficulté et une foule d'autres relatives à la politique sur les sciences septentrionales et à la recherche, il faudra que la communauté scientifique régionale soit forte et active. Heureusement, il semble que cette communauté soit en train de se constituer, puisque deux des cinq scientifiques qui collaborent à ce document habitent les T.N.-O. L'un d'eux, Robert Bromley, est né et a grandi à Yellowknife, et il a obtenu son doctorat en Alaska.

D'une base scientifique régionale à l'auto-détermination dans les sciences septentrionales, le pas n'est pas aussi grand qu'il y paraît. En fait, un rapport publié en 1977 par le Conseil des sciences du Canada indique que cette notion n'a rien de neuf. Selon un rapport intitulé «Regard vers le Nord: une stratégie et une politique scientifique de développement du Nord» publié en 1977, il existe un besoin spécial de recherche sur le Nord qui dépend des besoins régionaux.

Il ne faut cependant pas oublier les responsabilités qui découlent des droits et privilèges que nous revendiquons. Si l'on veut influencer l'avenir des sciences septentrionales, il faut s'engager à les développer, ce qui signifie, pour le scientifique et l'érudit, générer et transmettre des connaissances, notamment par l'entremise des Documents hors série du Centre du patrimoine septentrional.

Saviez-vous que le parc national Wood Buffalo est l'un des plus grands parcs du monde, et qu'on y trouve certains des plus beaux exemples au monde d'un relief unique qui a commencé à se former il y a environ 400 millions d'années, alors qu'une grande partie de l'Ouest du Canada était couverte par une mer continentale peu profonde? L'article de John Brophy, géologue de la région, décrit la formation et les répercussions écologiques de cet aspect peu connu du parc, ainsi que les dangers qui guettent le visiteur imprudent de ces fragiles paysages.

Les auteurs Karl Larson et Patrick Gregory, de l'Université de Victoria, révèlent qu'on trouve dans les Territoires du Nord-Ouest cinq espèces de batraciens et de reptiles dont trois espèces de grenouilles, le crapaud du Canada

et la couleuvre rayée à flanc rouge. Ces scientifiques ignorent peut-être la valeur de leur article pour les parents qui explorent avec des enfants curieux les réseaux de lacs des régions subarctiques occidentales. Il semble que la question de savoir s'il y a des grenouilles dans le Grand Nord revient sans cesse. Larsen et Gregory ont défini avec précision l'état de nos connaissances sur les batraciens et les reptiles du Nord, tout en brossant un tableau fascinant de l'écologie de la couleuvre rayée à flanc rouge dans le parc national Wood Buffalo. On a suivi les déplacements de trois grosses couleuvres femelles grâce à des émetteurs radio qu'on leur avaient implantés sous la peau lors d'une intervention chirurgicale.

Dans son article sur la sauvagine des Territoires du Nord-Ouest, Robert Bromley nous apprend que 50 p. 100 de toutes les oies et de tous les cygnes de l'Amérique du Nord naissent dans les T.N.-O. Il explique ensuite l'importance de la sauvagine au chapitre de l'esthétique, des loisirs et de la subsistance. Même cette vaste ressource est menacée de surexploitation, et Bromley propose un plan pour parer au problème avant qu'il ne prenne trop d'ampleur. Cet article est un bel exemple de planification tant de l'avenir que de la science au service de la politique publique. Espérons que les politiciens et les administrateurs nous lisent.

L'article de John Jacobs, géographe de l'Université de Windsor, constitue une excellente introduction aux études scientifiques interdisciplinaires. L'auteur recourt à des recherches sur le pollen fossilisé découvert dans le sud et l'est de l'île de Baffin et à des preuves archéologiques de son collègue Douglas Stenton pour démontrer que la végétation y a déjà été plus dense et le climat plus doux et humide que maintenant. Curieusement, cette comparaison de l'environnement passé et présent ouvre une porte sur l'avenir en permettant aux scientifiques d'anticiper les effets de changements futurs. Dans un milieu circumpolaire, où les changements apportés par l'homme causent des tensions énormes, une telle clairvoyance s'est déjà avérée essentielle.

Le dernier article de la présente série a été rédigé par W. Raymond Cummins, Bonnie Bergsma, Mark Romer et Josef Svoboda, de l'Université de Toronto. Ils affirment sans équivoque que la production agro-alimentaire à grande échelle et à grands renforts de technologies de pointe n'est pas réalisable dans l'Arctique. Ils proposent plutôt une méthode plus appropriée, qui consiste à exploiter de petits potagers en fonction des ressources humaines, matérielles et énergétiques de l'endroit. Cet article constitue une introduction pratique et directe à ce qui doit être l'agriculture la plus ardue au monde.

En bref, ces articles présentent un menu varié, apte à satisfaire la curiosité de ceux qui s'intéressent à l'histoire naturelle complexe des T.N.-O. Le lecteur y trouvera un aperçu de la relation entre la recherche pure et appliquée, ainsi que des exemples concrets de l'importance de la recherche scientifique pour le bien-être socio-économique des T.N.-O.

L'institut scientifique des T.N.-O., tout comme de nombreux autres organismes septentrionaux, s'intéresse beaucoup à la recherche pure et appliquée, au transfert d'information, à la science et à la technologie au service d'un développement équilibré. La décentralisation de l'administration et de la recherche scientifiques dans tout le Canada et les Territoires du Nord-Ouest est l'un des moyens qui permettrait de s'assurer que ces préoccupations sont traitées avec un maximum d'efficacité. Cela signifie notamment que la recherche, la

formation, la publication, etc. doivent être décentralisées le plus possible, de façon à en optimiser le rendement.

Les responsabilités qui découlent du principe qui précède incombent à l'ensemble des personnes et des organismes du monde scientifique - à tous ceux qui, au moyen de l'observation, d'études et d'expériences, tentent de mieux comprendre le monde qui les entoure. Une définition plus restrictive de la science n'a que peu de sens dans le milieu multiculturel du nord du Canada.

Les Documents hors série du Centre du patrimoine septentrional sont un élément essentiel de l'infrastructure nécessaire au développement d'une communauté scientifique septentrionale; il faudra des décennies de dévouement et de labeur pour mettre cette infrastructure en place. Compte tenu du peu de possibilités qui existent actuellement de publier des documents scientifiques pouvant influer sur le bien-être social et économique des T.N.-O., espérons que la publication des Documents hors série se poursuivra. En plus d'être un outil essentiel pour le développement intellectuel de notre communauté, les Documents hors série nous offrent un moyen d'assumer notre responsabilité à l'égard des questions importantes.

Septembre 1987

Robert R. Janes
Directeur exécutif
Institut scientifique des T.N.-O.

DOCUMENTS HORS SÉRIE DU CENTRE DU PATRIMOINE SEPTENTRIONAL
PRINCE DE GALLES
N°3 (1988) P. 11 - 23

DOLINES, ENTONNOIRS ET VALLÉES ENCAISSÉES LES KARSTS GYPSEUX DU PARC NATIONAL WOOD BUFFALO

John A. Brophy

RÉSUMÉ

Dans les régions du lac Needle et de Parson, au parc national Wood Buffalo, les visiteurs peuvent voir des exemples impressionnants de relief karstique. Les dépressions en forme de cratères (dolines), les vallées encaissées, les grottes et les dômes qu'on y trouve résultent principalement de la dissolution de roches évaporitiques, comme le gypse, sous l'action des eaux souterraines.

Les gisements d'évaporites de Wood Buffalo proviennent d'une mer continentale peu profonde et saturée de sel qui couvrait la majeure partie de l'Ouest du Canada pendant la période dévonienne, il y a environ 400 millions d'années. Les reliefs karstiques se sont formés au cours des 10 000 dernières années suite à la dissolution par l'eau souterraine de ces évaporites depuis longtemps enfouies. Aujourd'hui, ils ont des répercussions écologiques sur l'homme ainsi que sur certaines espèces de poissons, de sauvagines, de serpents et de chauves-souris.

INTRODUCTION

Le parc national Wood Buffalo chevauche la frontière de l'Alberta et des Territoires du Nord-Ouest, au sud du Grand lac des Esclaves; on y accède par la route Mackenzie et les aéroports de Fort Smith et de Fort Chippewyan (figure 1). Le parc couvre presque 45 000 km ^{2} de plaine mal drainée et couverte de forêts, de prairies, de tourbières et d'un grand nombre de rivières sinueuses, de lacs peu profonds et de marais.

Malgré son allure plutôt austère, il y a de nombreuses raisons pour lesquelles le parc Wood Buffalo s'est récemment ajouté aux grandes pyramides d'Égypte, aux chutes du Niagara et au Taj Mahal à titre de site du patrimoine mondial. Le plus grand parc du Canada et l'un des plus grands au monde, Wood Buffalo abrite le plus important troupeau de bisons en liberté au monde. On y trouve la seule aire de nidification au monde de la grue blanche d'Amérique, qui est menacée d'extinction, et c'est l'un des rares endroits où le faucon pèlerin de la sous-espèce menacée (*anatum*) se reproduit encore. Le vaste delta d'eau douce où

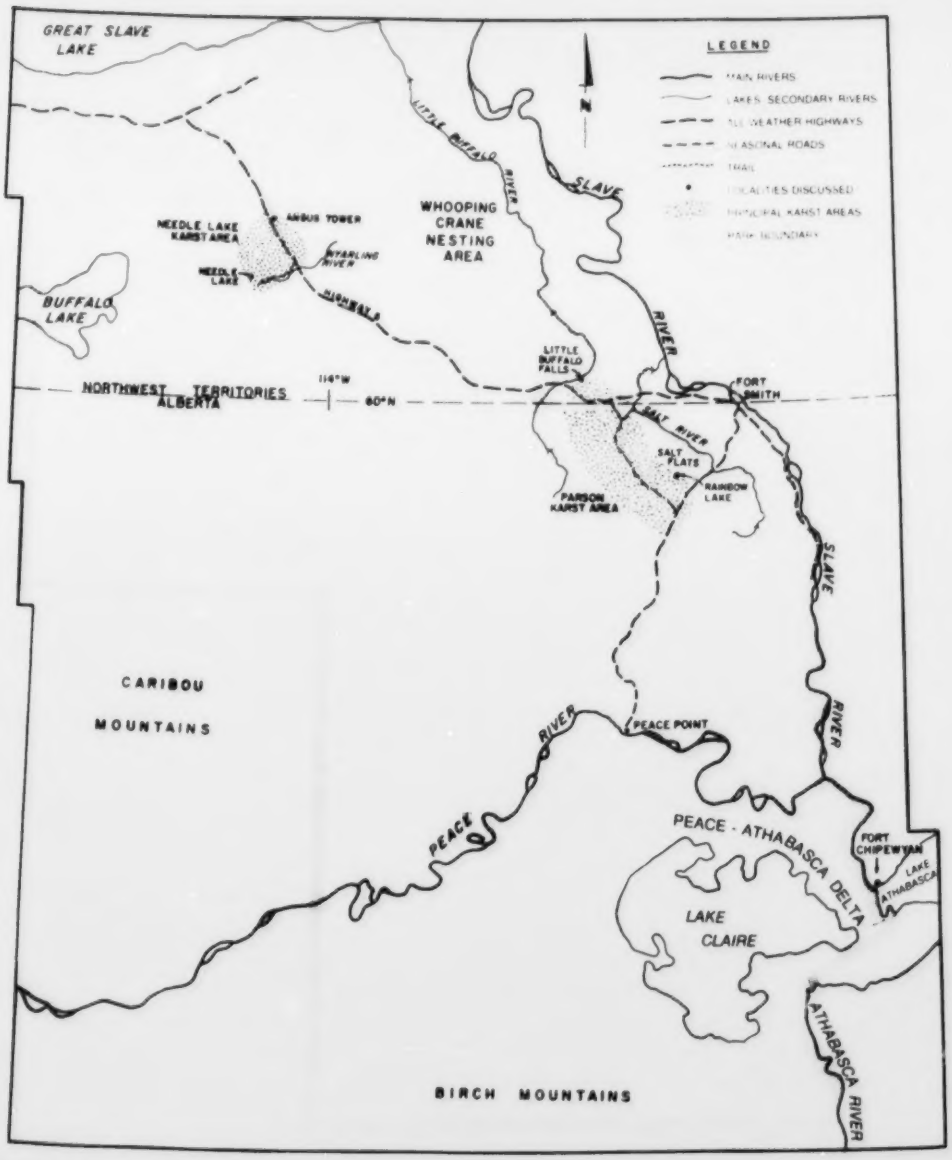

Figure 1
Carte avec index du parc national Wood Buffalo, indiquant les zones d'intérêt mentionnées dans l'article.

les rivières de la Paix et Athabasca se rencontrent constitue une autre grande attraction.

Mais le plus grand attrait du parc est peut-être le moins connu. Ses reliefs karstiques de gypse (Parcs Canada 1985) sont parmi les plus beaux au monde. Le présent article a pour but d'expliquer l'origine, la formation, l'apparition et les répercussions écologiques de ce phénomène unique.

LES KARSTS GYPSEUX

Formation des karsts par dissolution

> «Soudain, nous avons entendu des roches tomber. Nous avons alors rebroussé chemin et quelques secondes plus tard, des roches de la grosseur d'un bureau se sont mises à tomber de la voûte derrière nous.» (Dickie 1984)

Cet incident, décrit par Bob Lewis, naturaliste du parc, s'est produit dans l'un des karsts du parc national Wood Buffalo, une région burinée de dépressions semblables à des cratères et parcourue par un réseau de grottes souterraines du genre de celle où Bob Lewis a failli perdre la vie.

Le relief des karsts gypseux du monde entier est sculpté par l'activité souterraine. En effet, le gypse (sulfate hydraté de calcium, $CaSO_4\ 2H_2O$) est une roche soluble appartenant à la classe des évaporites (Kendall 1979). Le sel gemme (sel de table, NaCl) est une autre évaporite. Comme tous ceux qui consomment du sel ont pu le constater, les évaporites se dissolvent facilement dans l'eau.

Dans le parc Wood Buffalo, de grandes étendues de terrain couvrant des milliers de kilomètres carrés sont assises sur du gypse et d'autres évaporites du même genre. Le relief karstique le plus impressionnant se produit lorsque des strates de gypse, qui peuvent atteindre cent mètres d'épaisseur dans le parc, sont couvertes par une mince couche de roche moins soluble, comme du calcaire. Cette couche empêche la dissolution du gypse par l'eau de pluie et sert de bouclier protégeant temporairement les structures qui se forment en dessous. La plupart de ces structures commencent à prendre forme lorsque l'eau souterraine, capable de dissoudre les couches évaporitiques, entre en contact avec les strates de gypse.

L'eau souterraine tend à couler latéralement le long de l'interface gypse-calcaire susjacente, et c'est à cet endroit que se produit la plus grande partie de la dissolution. Lorsque sous l'effet de la gravité, de l'eau s'infiltre dans les failles qui traversent souvent le calcaire et les strates de gypse, la dissolution s'accélère; des failles s'élargissent en certains endroits et se rejoignent pour former une cavité souterraine ou une grotte. Plusieurs de ces cavités peuvent à leur tour être reliées par un réseau de galeries formées par des fissures légèrement élargies.

La couche de calcaire susjacente, n'étant plus supportée par le gypse, se détache en blocs de la voûte de la grotte. Par ce processus appelé abattage, la grotte migre lentement vers la surface. Au terme de cette migration, la grotte crée une dépression en forme de cratère, appelée doline. Les karsts sont littéralement criblés de dolines qui constituent d'ailleurs leur principale

Figure 2
Doline dans le parc national Wood Buffalo. Les arbres morts autour de la doline indiquent la formation ou l'élargissement récent de la structure. (Parcs Canada.)

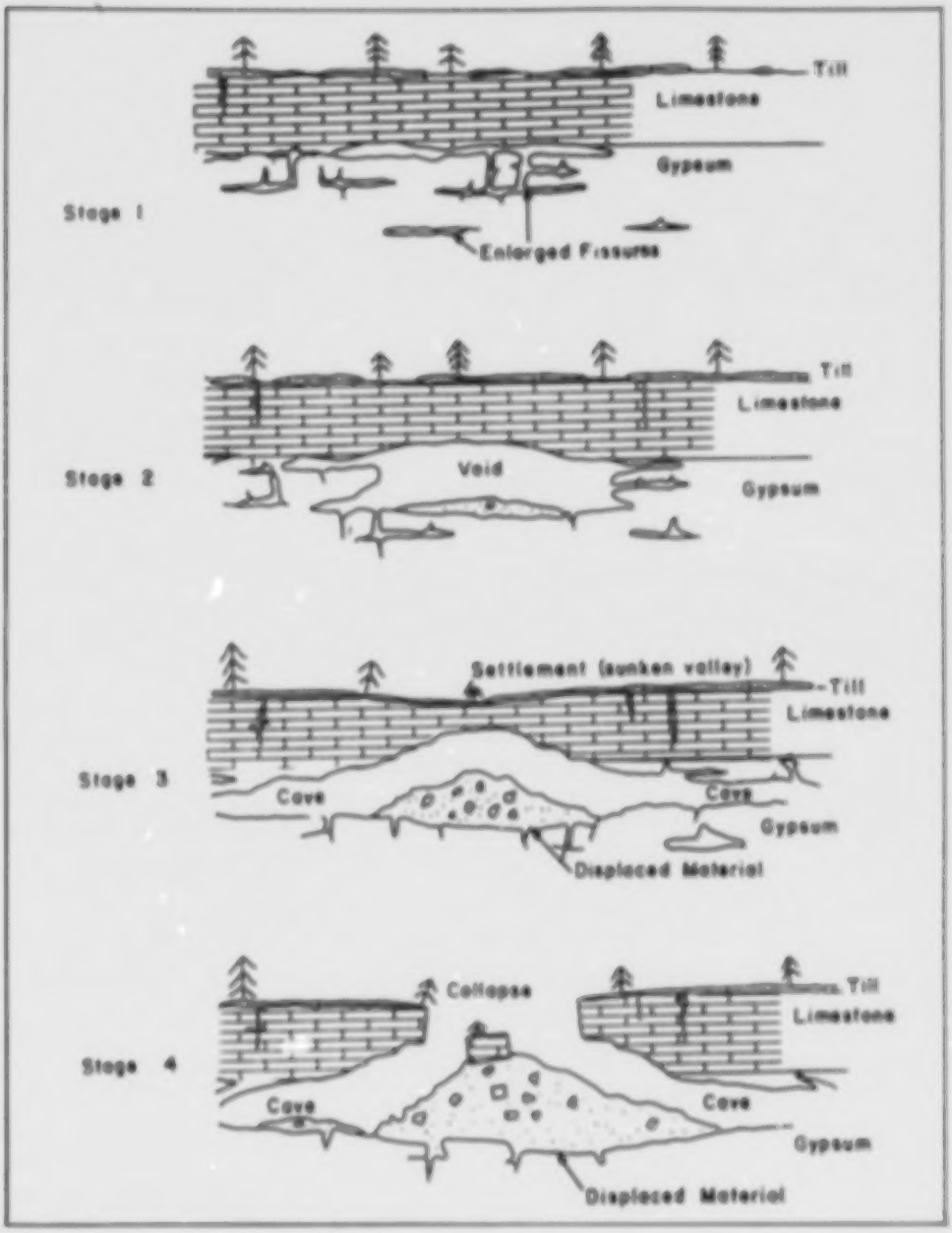

Figure 3
Étapes de la formation d'une doline (Tsui 1982).
Étape 1: Les eaux souterraines dissolvent le gypse le long des failles et de l'interface gypse-calcaire.
Étape 2: Les failles élargies se rejoignent et forment une cavité.
Étape 3: Le cavité migre vers la surface suite au tassement du calcaire susjacent. Le terrain à la surface peut s'affaisser et former une vallée encaissée.
Étape 4: La cavité atteint la surface et forme une doline.

caractéristique (figure 2). Les étapes de la formation des dolines sont décrites schématiquement dans la figure 3.

Au parc Wood Bufalo, on peut atteindre sans trop de difficultés des dolines bien définies en deux endroits, c'est-à-dire dans les régions du lac Needle et de Parson.

Karsts du lac Needle et de Parson

Le karst du lac Needle est situé dans l'extrémité nord du parc Wood Buffalo, entre la tour d'incendie Angus, sur la route n° 5, et le sud-ouest du lac Needle (figure 1). Du terrain de pique-nique de la tour d'incendie Angus, on peut voir une doline assez grande pour contenir plusieurs maisons. On peut atteindre d'autres dolines en suivant un sentier qui part de la route n° 5, à plusieurs kilomètres au nord de la rivière Nyarlingen, en direction du lac Needle au sud-ouest. Certaines dolines de cette région peuvent atteindre 60 m de profondeur. En fait, la rivière Nyarling parcourt 16 kilomètres sous terre par une série d'ouvertures karstiques. Le sentier mène également à des vallées encaissées, autre caractéristique des karsts. Ces vallées se forment lors de la dissolution du gypse le long des fissures souterraines et de l'effondrement ou de l'affaissement subséquent des roches susjacentes (voir figure 3, étape 3). D'autres dolines sont susceptibles de se former dans de telles régions. La deuxième région karstique bien développée du parc se trouve dans une large bande de terrain parallèle à la rivière Salt, à partir des chutes de la rivière Little Buffalo, au sud-est du lac Rainbow (figure 1). On y accède par le chemin Parson, lien saisonnier entre la route n° 5 et celle qui relie Fort Smith et Peace Point.

La figure 4, photographie aérienne couvrant une superficie de 16 km ^{2} au sud-est du lac Rainbow, montre plus de 50 dolines circulaires dont le diamètre atteint parfois jusqu'à 125 m. Dans le quadrant nord-ouest de la photo, on peut voir plusieurs grandes dolines alignées en direction du nord-ouest et séparées par des zones sombres suggérant l'existence d'une vallée encaissée. Les dolines se sont probablement formées suite à l'élargissement par les eaux souterraines d'un réseau de fissures, tandis que la vallée encaissée se serait formée entre les dolines suite à l'affaissement des galeries qui les reliaient. On peut voir que le fond d'au moins une des dolines est uni, révélant une accumulation d'eau. Il est facile d'imaginer le long lac étroit et peu profond, orienté vers le nord-ouest, qui résulterait de la coalescence de ces dolines. Nombre des lacs étroits situés dans les karsts gypseux du parc Wood Buffalo, dont le lac Needle, se sont sans doute formés de cette façon. L'union des dolines a peut être également créé les profondes vallées encaissées de Wood Buffalo que l'on appelle vallées aveugles, car elles ne semblent avoir ni accès ni issue.

Le modelé karstique de la région de Parson est semblable à celui du lac Needle. On croit que l'escarpement de 40 m au sud-ouest du ruisseau Salt est l'ancienne rive d'un lac qui se serait étendu du Grand lac de l'Ours au Grand lac des Esclaves et jusqu'au lac Athabasca (Craig 1965). Au nord-est de cet escarpement, dans les platiers traversés par la rivière Salt, se trouvent les célèbres plaines salines du parc national Wood Buffalo. Les sources salines qui surgissent au pied de l'escarpement, déposant des amoncellements de sel qui peuvent atteindre un mètre de haut, sont à l'origine des plaines salines, où poussent une profusion de plantes résistant au sel et où nichent de nombreuses espèces de sauvagines. Du point de vue écologique et géologique, ces plaines sont uniques au Canada.

Figure 4
Photographie aérienne montrant une zone de 16 km² dans la région de Parson, criblée de dépressions circulaires (dolines). (Photothèque nationale de l'air, Ottawa).

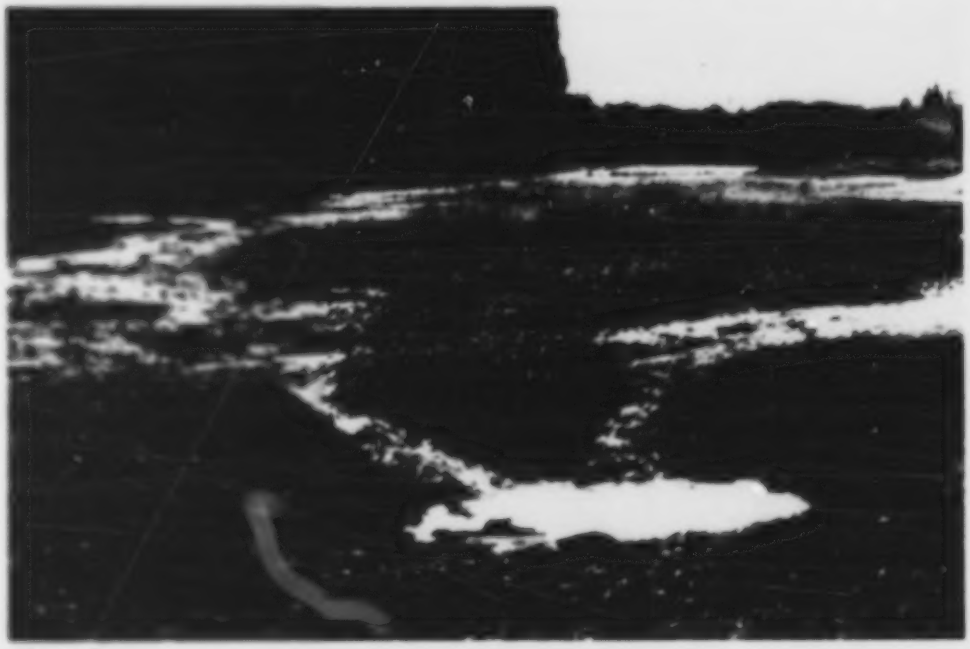

Figure 5
La rivière Salt s'engouffrant dans un entonnoir en 1982. Route no 5 en arrière-plan. (Reproduite avec la permission de Parcs Canada.)

La formation de ces plaines salines est sans doute directement attribuable au phénomène karstique. Le gypse est lié de près aux dépôts de sel: on sait que certaines strates de gypse de la région de Wood Buffalo renferment du sel et qu'il y a dans la région de Parson des eaux souterraines coulant des monts Caribou, au sud-ouest du parc (figure 1), vers l'escarpement, au nord-est. Il semble que les cours d'eau souterrains dissolvent le sel contenu dans les évaporites et le charrient jusqu'au pied de l'escarpement, où il est déposé sur la plaine et redistribué par les cours d'eau de surface (Tsui 1982).

La rivière Salt peut également prétendre à la célébrité. Le 17 juin 1981, elle est soudainement disparue dans une ouverture, appelée entonnoir, pour refaire surface un kilomètre en aval, après avoir traversé un réseau de galeries souterraines (Tsui 1982, voir aussi figure 5). La rivière Little Buffalo a subi le même sort un mois plus tard. En fait, les deux rivières coulent principalement sous terre; ce que nous voyons à la surface n'est que le trop-plein. En période de faible débit, par exemple pendant des sécheresses, le niveau des rivières souterraines baisse, et le trop-plein disparaît dans les entonnoirs.

Aux environs du pont sud de la rivière Salt, Tsui (1982) a remarqué la présence de structures en forme de dômes (ou anticlinales) qui auraient été formées par hydratation d'anhydrite. L'anhydrite ($CaSO_4$) est une évaporite dont la composition chimique est semblable à celle du gypse, sauf qu'il lui manque deux molécules d'eau. L'anhydrite est instable près de la surface et se change en gypse au contact de l'eau. Son volume peut alors augmenter de 50 p. 100 (Deer et al. 1977). L'expansion peut avoir des répercussions rapides et importantes, comme l'illustre d'ailleurs le récit qui suit d'un incident qui a eu lieu au Texas.

> Un après-midi de 1954, à sept milles au nord de Moran, au Texas, un agriculteur occupé à labourer ses champs entendit une explosion et aperçut un nuage de poussière et de débris au loin. Il se rendit compte plus tard que le lit du ruisseau Deep s'était soulevé jusqu'à 20 pieds sur une distance de 1 000 pieds, projetant des fragments de roche tout autour (Brune 1965).

Un autre exemple de la vitesse à laquelle s'effectue l'hydratation nous vient du nord de l'Italie, où de l'anhydrite en expansion a fracturé et détruit en moins de dix ans le revêtement de béton d'un tunnel (Tsui 1982).

Il est peu probable qu'on ait relevé des exemples du genre dans la vaste solitude du parc national Wood Buffalo. Il semble pourtant que l'hydratation de l'anhydrite s'y produise, selon l'interprétation que fait Tsui de la structure près du pont sud de la rivière Salt. Il prétend que la structure en forme de dôme (illustrée à la figure 6) a été causée par l'expansion de l'anhydrite lors de sa transformation en gypse.

En résumé, le relief karstique est attribuable à l'action de l'eau sur les évaporites. Selon le milieu et le genre d'évaporites, l'eau peut causer l'expansion ou l'affaissement du terrain. Il en résulte un relief présentant une gamme de formes comme des dolines, des dômes anticlinaux, des entonnoirs ainsi que des vallées aveugles et encaissées. Il faut souligner que les formes karstiques présentes aujourd'hui dans le parc sont récentes du point de vue géologique, ayant été créées après le recul des derniers glaciers, il y a moins de 10 000 ans. Certaines dolines sont très récentes, comme l'indiquent les arbres morts au

centre et les arbres penchés autour. Certaines se sont sans doute formées au cours des dernières décennies. Mais les évaporites qui sont à l'origine des formes karstiques ont été déposées pendant la période dévonienne, il y a environ 400 millions d'années. Pour bien comprendre les karsts, il faut se tourner vers cette période et examiner l'origine des évaporites.

Origine des évaporites

Il y a environ 400 millions d'années, pendant la période dévonienne, le Canada ne ressemblait pas à ce que nous connaissons aujourd'hui. La Colombie-Britannique et l'archipel arctique n'étaient pas encore formés. Le continent était situé beaucoup plus au sud que maintenant, et le Canada était probablement relié à un continent beaucoup plus grand qui s'est ensuite fragmenté. Au nord de ce qui est aujourd'hui le parc national Wood Buffalo, une barrière de récifs protégeait la terre de l'océan. Du coté intérieur, il y avait probablement un bassin d'eau rempli par infiltration à travers cette barrière ou par débordement au-dessus d'elle (Kendall 1979).

L'eau de ce bassin peu profond (une mer épicontinentale) a commencé à s'évaporer, et différents sels se sont progressivement concentrés. À la longue, la mer épicontinentale est devenue une mer saturée qui ne pouvait plus transporter sa charge de sel, et une pluie continue de cristaux d'évaporites s'est mise à tomber au fond de la mer, en couvrant le plancher d'une couche de sels.

La mer épicontinentale a sans doute été rafraichie de nombreuses fois par des inondations océaniques, suivies par des cycles d'évaporation, ce qui expliquerait les épaisses couches évaporitiques présentes dans le parc. Puis, à un certain moment, l'océan a submergé une fois pour toutes la barrière de récifs, inondant la terre, mettant fin aux cycles de précipitation des évaporites et créant les conditions qui ont mené au dépôt, par-dessus les évaporites, de sédiments caractéristiques d'eaux plus profondes, comme le calcaire et la dolomie.

Au cours des millions d'années qui ont suivi, les strates d'évaporites de Wood Buffalo ont été ensevelies sous des centaines de mètres de roches sédimentaires. De temps en temps, la terre a refait surface, et certaines de ces roches ont été érodées. La terre a été submergée plusieurs fois, et de nouveaux sédiments se sont accumulés. Ce n'est que depuis peu, du point de vue géologique, que les strates d'évaporites se trouvent à la surface ou près de la surface où les eaux souterraines les modèlent, formant le relief karstique que l'on peut voir aujourd'hui.

Répercussions écologiques du phénomène karstique du gypse

Comme nous l'avons mentionné auparavant, le phénomène karstique est sans doute en grande partie responsable de la formation des plaines salines de Wood Buffalo, où nichent et vivent de nombreuses espèces d'oiseaux. D'autres particularités écologiques intéressantes peuvent être directement attribuées au relief karstique. Nelson et Paetz (1974) ont identifié quatre espèces de poissons dans un entonnoir accessible seulement par une galerie souterraine. Quatre espèces de chauves-souris hibernent dans les grottes du parc, et la couleuvre

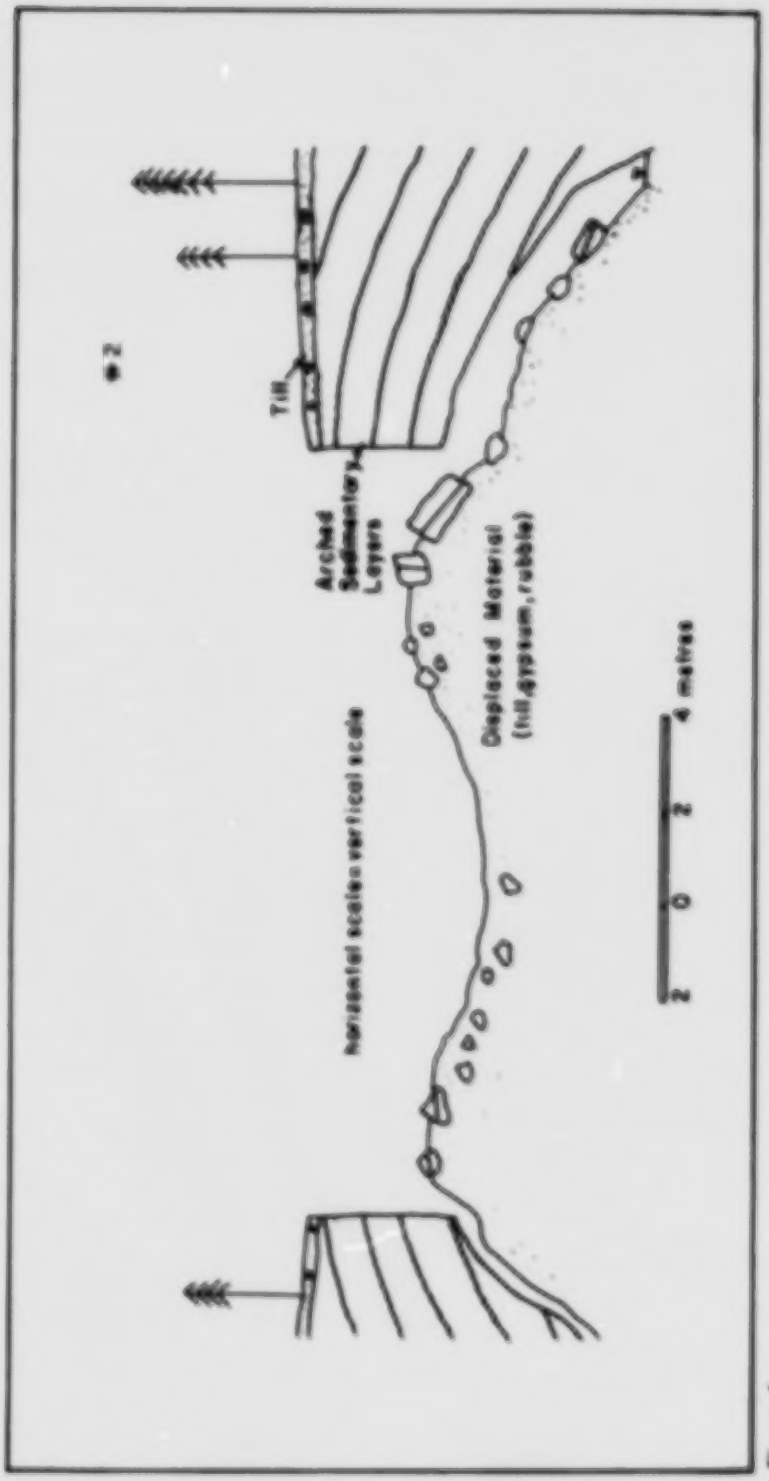

Figure 6
Dessin d'une structure en forme de dôme près du pont sud de la rivière Salt (Tsui 1982).

rayée à flanc rouge [1] s'est adaptée en hibernant sous la ligne de gel dans les formations karstiques (Parcs Canada 1985).

Comme la région est très peu habitée, les répercussions du phénomène karstique sur l'écologie humaine sont superficielles. Cependant, les planificateurs du parc doivent tenir compte, dans leurs projets futurs, des dangers que représentent les karsts. L'incident qui a failli coûter la vie à Bob Lewis doit servir d'avertissement aux spéléologues et aux touristes tentés d'explorer le labyrinthe de grottes souterraines. Il faut avertir le public de ces dangers et prendre des mesures pour déceler les grottes les plus accessibles et en bloquer l'entrée.

Des quelque 1 200 km^2 de karsts gypseux étudiés par Tsui dans la région de Parson, presque la moitié sont criblés de dolines, de vallées encaissées, de dômes anticlinaux et d'autres structures qui révèlent un terrain instable. L'emplacement de tout nouveau bâtiment dans le parc doit être choisi avec soin pour éviter les terrains possiblement karstiques. Dans le cas contraire, les fondations pourraient s'affaisser avec le terrain ou, pire, un bâtiment pourrait être entraîné avec ses occupants au fond d'une grotte suite à la formation d'une nouvelle doline. Quoique il y ait très peu de chances qu'une explosion semblable à celle observée au Texas se produise, les personnes chargées d'aménager le parc devraient tenir compte des signes laissant supposer une expansion du terrain par hydratation d'anhydrite. Enfin, compte tenu du caractère tortueux et changeant du réseau hydrographique souterrain dans le parc, il faudra être extrêmement prudent et s'assurer que les déchets contaminants sont gardés loin du réseau.

John A. Brophy est géologue dans le district de Nahanni pour le Programme des Affaires du Nord, Affaires indiennes et du Nord Canada, Yellowknife, T.N.-O.

---

[1] On trouvera d'autres renseignements sur la couleuvre rayée à flanc rouge dans l'article suivant de Karl W. Larsen et Patrick T. Gregory (NDR).

REMERCIEMENTS

La rédaction du présent article a été possible grâce à l'appui de la Division de géologie du Programme des Affaires du Nord. Je remercie Bob Lewis (Parcs Canada, Fort Smith) et Bob Gamble (Parcs Canada, Yellowknife) pour les renseignements qu'ils m'ont donnés sur les karsts du parc national Wood Buffalo, dont deux photographies qui illustrent cet article. Je suis très reconnaissant à Mme Violet Landrigan du Programme des Affaires du Nord d'avoir dactylographié le manuscrit, et à la section des services graphiques d'avoir préparé les diagrammes.

BIBLIOGRAPHIE

BRUNE, G.
1965, Anhydrite and gypsum problems in engineering geology. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists* n°2, pp. 26 à 38.

CRAIG B.G.
1965, Glacial Lake McConnel and the superficial geology of parts of Slave River and Redstone map-areas, District of Mackenzie. *Bulletin de la Commission géologique du Canada* n°122, Ottawa.

DEER W.A., R.A. HOWIE, et J. ZUSSMAN
1977, *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. Longman, Londres.

DICKIE, B.
1984, The breathing rocks of Wood Buffalo, *Nature Canada*, (décembre): pp. 41 et 42.

KENDALL, A.C.
1979, Continental and supratidal (sabkha) evaporites, dans *Facies Models*, révisé par R.G. Walker, pp. 159 à 174, Geoscience Canada Reprint Series, Ottawa.

NELSONJ.S. et M.J. PAETZ
1974, Evidence for underground movement of fishes in Wood Buffalo National Park, Canada, with notes on recent collections made in the park. *Canadian Field Naturalist* n°88(2), pp. 157 à 162.

PARCS CANADA
1985, *Plan directeur du parc national Wood Buffalo*, Canada, région des Prairies, Fort Smith, T.N.-O.

TSUI, P. Chow
1982, *Deformation, ground subsidence and slope movements along the Salt River Escarpment in Wood Buffalo National Park*, thèse de M.Sc., Université de l'Alberta, Edmonton.

DOCUMENTS HORS SÉRIE DU CENTRE DU PATRIMOINE SEPTENTRIONAL PRINCE DE GALLES N°3 (1988) P. 25 -46

BATRACIENS ET REPTILES DANS LES TERRITOIRES DU NORD-OUEST

Karl W. Larsen et Patrick T. Gregory

RÉSUMÉ

Plus on s'éloigne des tropiques en direction des pôles, plus le nombre d'espèces de batraciens et de reptiles diminue. On n'en compte que cinq dans les Territoires du Nord-Ouest du Canada (quatre grenouilles et une couleuvre), et seulement deux d'entre elles très au nord (le faux-criquet et la grenouille des bois).

Les facteurs qui restreignent la distribution des batraciens et des reptiles sont probablement d'ordre climatique. Les étés courts réduisent le temps dont ils disposent pour se nourrir, croître et se reproduire, tandis que les longs hivers représentent un test d'endurance pendant lequel ils doivent trouver un lieu adéquat pour hiberner. La distribution des amphibiens est également déterminée par l'humidité et les plans d'eau. On ignore cependant de quelle façon la réunion des facteurs en cause influence la distribution des espèces.

La grenouille des bois est le batracien septentrional le plus répandu. Elle peut tolérer des températures si basses en hiver que son corps gèle; elle s'éveille à temps pour se reproduire au début du printemps, et les oeufs et les têtards connaissent un développement rapide.

On connaît relativement peu l'écologie des grenouilles des T.N.-O., mais la couleuvre rayée à flanc rouge a pour sa part fait l'objet de vastes études dans le parc national Wood Buffalo. Son habitat s'étend au nord jusqu'aux abords de Fort Smith. L'hibernation commune, qui est peut-être attribuable à la rareté d' hibernacles convenables, est une particularité de son cycle annuel. Les hibernacles communs sont souvent situés à plusieurs kilomètres de son habitat d'été, ce qui nécessite des migrations annuelles. En été, la couleuvre vit généralement dans des marais d'eau douce où abondent les grenouilles dont se nourrissent habituellement les serpents.

La couleuvre rayée donne habituellement naissance à ses petits à l'extérieur du terrier, à la fin de l'été ou au début de l'automne. Le nombre de petits est moins élevé que dans le sud, mais ces derniers sont plus gros. Les femelles commencent à hiberner peu après la naissance des petits. Elles ne peuvent se nourrir suffisamment pour se reproduire à nouveau l'année suivante, et par conséquent elles ne se reproduisent que tous les deux ans, ou même moins souvent. La courte durée de la saison active a donc d'importantes conséquences sur les mouvements des populations de ces serpents.

INTRODUCTION

Chez la plupart des classes d'animaux et de plantes, il existe des tendances latitudinales dans la diversité des espèces (Pianka 1978). Des tropiques jusqu'aux pôles, on assiste habituellement à une diminution du nombre d'espèces. Il existe sans doute une explication générale au phénomène, mais les facteurs particuliers limitant la distribution et la population varient selon les groupes taxinomiques.

Cette diminution des espèces est particulièrement frappante chez les amphibiens et les reptiles. Selon des données récentes, la Guyane, le Sinaloa (Mexique), la Californie, l'État de Washington, la Colombie-Britannique et l'Alaska comptent respectivement 408, 137, 130, 43, 34 et 7 espèces de batraciens et de reptiles. Malgré les différences de superficie de ces régions, cela reflète une tendance marquée.

On invoque généralement le climat pour expliquer le peu d'espèces de batraciens et de reptiles sous les hautes latitudes. C'est parce que ces animaux sont poïkilothermes: la température de leur corps dépend davantage de facteurs externes, comme le soleil, que de leur métabolisme. Ces animaux peuvent parfois maintenir leur corps à une température relativement élevée et constante quelque peu indépendante de la température ambiante, mais uniquement dans certaines conditions; ils doivent éviter les grands froids.

On trouve davantage d'espèces de batraciens et de reptiles à de plus hautes latitudes en Scandinavie (y compris au nord du cercle polaire) qu'en Amérique du Nord, car le climat de la Scandinavie est considérablement tempéré par le courant de l'Atlantique nord. La plupart des espèces observées en Alaska vivent près de la côte (Hodge 1976), où le climat est plus doux qu'à l'intérieur. De plus, la plupart de ces espèces ne vivent que dans l'enclave, plus au sud.

La plupart des batraciens pondent leurs oeufs dans l'eau; comme ces oeufs se dessèchent plus facilement que ceux des reptiles, la distribution des batraciens dépend fortement des pluies ainsi que de la présence de lacs, d'étangs et de ruisseaux. En fait, les batraciens et les reptiles sont très différents, mais ils vivent souvent aux mêmes endroits et sont parfois étudiés par les mêmes gens (herpétologistes). Les 85 espèces dénombrées au Canada vivent principalement le long de la frontière sud. Aucune n'est particulière au Canada. Les scientifiques savent relativement peu de choses sur la biologie de ces animaux au Canada, surtout dans les régions septentrionales. Le livre rédigé par Hodge (1976) est la seule publication importante qui tente de rassembler l'état des connaissances sur les batraciens et les reptiles dans l'Amérique du Nord septentrionale, et nous le recommandons à titre d'introduction en la matière. Cook (1984) fait également une étude générale des batraciens et des reptiles au Canada.

Nous voulons ici décrire certaines caractéristiques générales des batraciens et des reptiles vivant dans les Territoires du Nord-Ouest et examiner l'influence du climat sur l'écologie de ces animaux. L'article porte principalement sur la couleuvre rayée à flanc rouge que nous avons étudiée pendant trois ans dans le parc national Wood Buffalo.

LES BATRACIENS ET LES REPTILES DES TERRITOIRES DU NORD-OUEST

Il existe plusieurs sortes différentes de batraciens et de reptiles dans le monde. Certains, comme les apodes (batraciens allongés sans jambes), les alligators et les crocodiles (reptiles) ne vivent que dans les régions tropicales et subtropicales. Les salamandres, les grenouilles et les crapauds (batraciens) de même que les tortues, les lézards et les serpents (reptiles) vivent dans les régions tempérées, parfois sous d'assez hautes latitudes (Hodge 1976). Parmi eux, il n'y a que les grenouilles, les crapauds et les serpents qui vivent dans les T.N.-O. Ils ne vivent que dans les régions boisées; on n'en trouve aucun dans l'est des T.N.-O. où il n'y a que de la toundra.

On a trouvé quatre espèces de grenouilles et une de serpents au nord du 60 e parallèle: la grenouille des bois *(Rana sylvatica)*, la grenouille léopard *(Rana pipiens)*, le faux criquet (*Pseudacris triseriata maculata)*, le crapaud du Canada (*Bufo hemiophrys americanus*) et la couleuvre rayée à flanc rouge (*Thamnophis sirtalis parietalis)*. Les figures 1 et 2 illustrent ces espèces, et la figure 3 délimite leur aire de distribution dans le Nord. En fait, on trouve également dans les T.N.-O. le crapaud d'Amérique *(Bufo americanus americanus)*, apparenté de près au crapaud du Canada, mais il vit sur les îles du sud de la baie de James, et nous le considérons à l'extérieur du champ de cet article.

Seuls le faux-criquet et la grenouille des bois sont très répandus dans les T.N.-O. La grenouille des bois est de loin l'espèce septentrionale la plus répandue, son aire de distribution atteignant presque l'océan Arctique, le long de la vallée du Mackenzie dans l'ouest des T.N.-O., et aussi loin au nord en Alaska (Hidge 1976). La limite de son aire de distribution coïncide esentiellement avec la ligne d'arborescence.

Le cycle vital des grenouilles, certaines étant complètement terrestres et d'autres complètement aquatiques, ne varie à peu près que chez les espèces tropicales . Les espèces de grenouilles septentrionales ont toutes un cycle vital semblable. Les mâles attirent les femelles par un appel particulier à leur espèce, généralement la nuit, au printemps ou au début de l'été. L'accouplement a lieu dans l'eau, et la fertilisation est externe, les oeufs et le sperme étant éjectés en même temps dans l'eau où ils s'unissent. La forme et la taille de la masse d'oeufs fertilisés varient selon les espèces. L'incubation prend de quelques jours à deux semaines selon l'espèce et la température de l'eau. À leur naissance, les petits ne sont encore que des larves (têtards) se nourrissant principalement d'algues et d'autres plantes. Vers la fin de l'été, l'anatomie et la physiologie des têtards changent radicalement alors qu'ils se transforment en répliques miniatures des adultes. Ils deviennent semi-terrestres et se nourrissent d'insectes qui abondent en été.

Le déroulement du cycle vital varie parmi les espèces. La grenouille des bois est la première à se reproduire, dès que la glace disparaît des étangs, de la fin d'avril au début de mai, dans les terres intérieures de l'Alaska. Le crapaud canadien, par contre, se reproduit vers la mi-juin dans le parc national Wood Buffalo. La durée de chaque étape du cycle vital dépend du milieu environnant, en particulier de la température. La croissance de toutes les espèces de têtards est plus rapide dans les eaux plus chaudes. On ignore combien de temps il faut aux jeunes pour atteindre la maturité sexuelle, mais on suppose qu'il leur faut au moins un an. Les quatres espèces de grenouilles des T.N.-O. sont terrestres dans

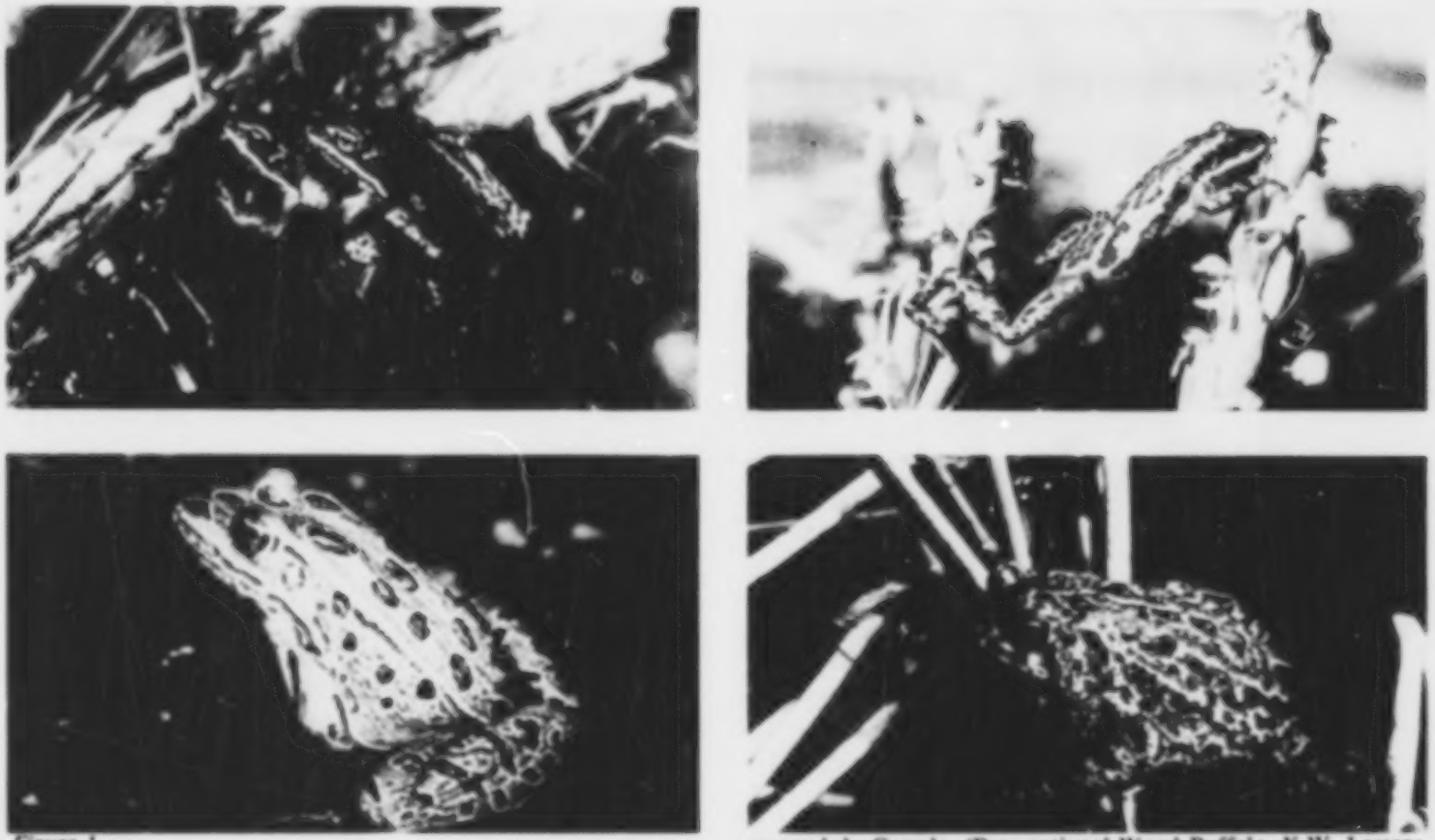

Figure 1
Les batraciens des Territoires du Nord-Ouest. En haut à gauche: accouplement de grenouilles des bois. En haut à droite: faux-criquet. En bas à gauche: grenouille léopard. En bas à droite: crapaud du Canada. (Parc national Wood Buffalo, K.W. Larsen; grenouille léopard septentrionale; marais du delta, Manitoba, D.R. Farr.)

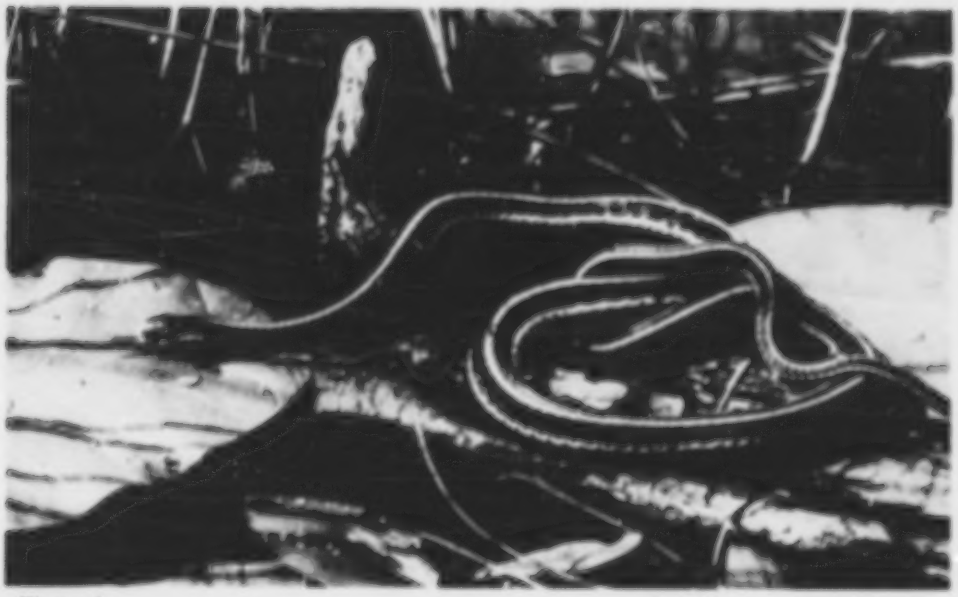

Figure 2
La couleuvre rayée à flanc rouge: une grosse femelle se chauffant au soleil dans un marais. (Parc national Wood Buffalo, K.W. Larsen.)

Figure 3
Distribution des batraciens et des reptiles dans les T.N.-O. (selon Cook, 1984). Les hachures représentent la grenouille des bois; les crois, le faux-criquet; les ombres, la grenouille léopard septentrionale. La limite nord de l'aire de distribution du crapaud du Canada et de la couleuvre rayée à flanc rouge est indiquée en pointillé (Fort Smith); l'aire de distribution des deux espèces s'étend plus au sud mais n'est pas indiquée pour éviter de charger la carte. Pour plus de précisions, voir Hodge (1976) et Cook (1984).

une grande mesure, mais la grenouille léopard adulte est plus aquatique que les trois autres.

Les reptiles ont un cycle vital moins compliqué que la plupart des batraciens. Dans les zones tempérées, les serpents s'accouplent habituellement après l'hibernation, au printemps. La fertilisation est interne: le mâle transfert le sperme dans la fente cloacale (anale) de la femelle au moyen d'un hémipénis. Chaque serpent mâle possède deux hémipénis dans la partie antérieure de la queue. Les femelles de certaines espèces pondent leurs oeufs au milieu de l'été (les enterrant généralement dans le sol ou du bois pourri) et les laissent à eux-mêmes; l'éclosion se produit habituellement à la fin de l'été. Les femelles d'autres espèces gardent les oeufs dans leur corps et donnent naissance à des serpenteaux à la fin de l'été. Dans les deux cas, les serpenteaux sont des adultes en miniature et ne reçoivent aucun soin de leurs parents.

La couleuvre rayée à flanc rouge, ovovivipare, est une sous-espèce géographique de l'espèce de serpents la plus répandue en Amérique du Nord, et le seul serpent vivant dans la plus grande partie nord de son aire de distribution. Son écologie est étudiée en détail plus loin.

Le climat, facteur restrictif

Toutes les espèces de batraciens et de reptiles des T.N.-O. ont une vaste aire de distribution qui s'étend à des latitudes inférieures. Nous pouvons donc établir des comparaisons avec des populations plus au sud afin de déterminer les facteurs qui limitent leur distribution. Ces facteurs ne sont pas les mêmes pour les batraciens et les reptiles.

Les étés courts et les hivers longs et froids sont deux aspects importants, mais non mutuellement exclusifs du climat qui influencent l'écologie des serpents du nord . Les étés dans le nord sont à la fois courts et très variables; ils peuvent souvent s'avérer mauvais pour les poïkilothermes comme les serpents. Les grenouilles septentrionales sont touchées par les mêmes facteurs, mais les conditions d'humidité peuvent avoir encore plus d'influence sur elles. Nous ignorons encore de quelle façon le climat et les autres facteurs se conjuguent pour limiter la distribution et la population des batraciens et des reptiles dans le Nord, mais nous pouvons néanmoins discuter de quelques hypothèses plausibles.

Chez les batraciens et les reptiles, la température du corps varie selon le milieu ambiant. À leur tour, le taux de métabolisme et, croit-on, le potentiel d'activité varient selon la température du corps. Bien que les particularités du lien entre le taux de métabolisme et la température varient d'un cas à l'autre; les batraciens et les reptiles sont généralement plus actifs lorsqu'ils sont chauds. Cependant, on a de fortes raisons de croire que de nombreuses espèces peuvent s'adapter (s'acclimater) dans une certaine mesure à des températures fraîches en accroissant leur taux de métabolisme et en restant actives. Il reste cependant à déterminer toute la gamme des réactions métaboliques possibles face au froid ainsi que les bases biochimiques et leurs variations selon le climat (voir Davies et al., 1981; Gregory, 1982; Mania et Clausaen, 1966). On pourrait s'attendre à ce qu'elles soient bien développées chez les espèces septentrionales qui doivent souvent faire face au froid, surtout au début et à la fin de leur saison active. En fait, les batraciens et les reptiles du nord commencent généralement à s'activer à des températures plus basses que les espèces des climats plus doux.

Les saisons d'activité courtes et fraîches influent sur le nombre des animaux, car elles limitent le temps dont ils disposent pour se nourrir, ce qui influence directement le rythme de croissance, le nombre de petits et leurs chances de survie. Les embryons et les larves ont peu de temps pour se développer; c'est pourquoi la période larvaire de certains batraciens s'étend sur deux ans. Aucune espèce vivant dans les T.N.-O. ne semble cependant avoir besoin de plus d'un été pour son développement larvaire. Le besoin d'hiberner des larves semble ne poser aucun obstacle à la colonisation du Nord, puisque des espèces de grenouilles dans les milieux froids et à hautes altitudes peuvent aussi adopter ce comportement (Bradford 1983). En fait, le plus répandu des batraciens septentrionaux, la grenouille des bois, se développe très rapidement. Ses oeufs tolèrent très bien les températures basses du printemps, et leur développement s'accélère à la moindre augmentation de température. De plus, de nombreuses femelles pondent leurs oeufs au même endroit; une masse d'oeufs commune peut retenir plus de chaleur que de petits amas, ce qui peut favoriser davantage leur développement (Waldman et Ryan 1983). Les larves se développent relativement vite; dans l'intérieur de l'Alaska, la grenouille des bois n'a besoin que de 53 à 78 jours entre l'éclosion et la métamorphose (Herreid et Kinney, 1967). Ces caractéristiques du développement des oeufs et des larves de la grenouille des bois correspondent bien à sa distribution dans le Nord.

Le développement embryonnaire des reptiles est généralement plus long. Si l'été est très court, il se peut qu'ils ne se reproduisent pas du tout, à moins que les petits ne puissent passer l'hiver à une étape du développement embryonnaire; très peu de reptiles peuvent le faire, et apparemment aucun serpent. Les serpents septentrionaux, dont la couleuvre rayée à flanc rouge, sont généralement ovovivipares plutôt qu'ovipares. Il se peut que les femelles puissent ainsi influencer le développement de leurs petits en réglant la température de leur corps, tandis que le développement des oeufs de serpents ovipares dépend de la température ambiante. Cependant, l'ovoviviparité a ses avantages et ses inconvénients. Les femelles gravides (pleines) se déplacent et se nourrissent peu, ou pas du tout. Elles puisent alors dans leurs réserves de graisses abdominales qui sont épuisées lorsqu'elles mettent bas. Pour se reproduire l'année suivante, elles doivent remplacer ces réserves de graisses. Lorsque la saison d'activité est très courte, elles n'ont pas, ou peu, le temps de s'alimenter avant d'hiberner; la saison suivante doit donc être consacrée à la recherche de nourriture. Par conséquent, les serpents ovovivipares vivant dans un milieu où les saisons actives sont courtes (ou improductives) ont un cycle reproductif qui s'étend sur deux ans ou plus. Évidemment, il doit y avoir une limite à la durée possible du cycle pour que la population de serpents puisse se maintenir.

En hiver, les reptiles et les batraciens doivent trouver un abri pour se protéger des températures mortelles. Pendant l'hibernation, leur température baisse, leur métabolisme ralentit et les réserves d'énergie s'épuisent lentement au cours des longs mois d'hiver.

Bien que nous connaissions peu les conditions d'hibernation particulières de ces espèces, la disponibilité d'hibernacles peut constituer un facteur restrictif pour les batraciens et les reptiles septentrionaux. À très haute latitude ou altitude, on croit que la survie est impossible en hiver, quoique le seuil de tolérance varie selon les espèces. Dans les T.N.-O. comme ailleurs, les grenouilles léopards hibernent probablement sous l'eau (Emery et al., 1972). La durée de l'hiver peut être un facteur déterminant pour ceux qui hibernent sous l'eau, même si leur métabolisme ralentit, car la concentration en oxygène peut

être très basse dans l'eau couverte de glace. On sait que d'autres espèces de grenouilles hibernant sous l'eau sont parfois victimes du manque d'oxygène en hiver (Bradford, 1982). Stewart (communication personnelle) indique que les grenouilles léopards du Manitoba passent l'hiver dans de grands lacs et ruisseaux où le niveau d'oxygène ne baisse généralement pas beaucoup.

Les autres espèces de grenouilles des T.N.-O. hibernent probablement sur terre. Au Minnesota, le crapaud du Canada s'enfouit jusqu'à 80 cm dans une butte de terre meuble pour hiberner (Kelleher et Tester, 1969). Bien qu'il puisse survivre quelques semaines à une température juste au-dessous du point de congélation de l'eau, le crapaud lui-même ne peut survivre à la congélation. On croit que cette espèce est limitée aux régions où elle peut s'enfouir facilement et où le gel est relativement superficiel.

L'aire de distribution de la grenouille des bois est plus vaste, puisque cette dernière n'a besoin que d'une petite dépression dans des débris végétaux et de neige comme isolant. Sa survie semble tenir à sa capacité d'abaisser le point de congélation de son corps de façon à pouvoir tolérer une congélation complète (jusqu'à -2°C ou - 4°C) pendant deux semaines (Storey et Storey, 1986). Seul le liquide à l'extérieur de ses cellules gèle; ses cellules elles-mêmes sont protégées du gel et de ses effets néfastes grâce à de fortes concentrations de glucose, dont la production est déclenchée lorsque ses extrémités commencent à geler (Storey et Storey, 1986). Les faux-criquets survivent au froid de la même façon. Cette capacité de survivre au froid semble expliquer la grande distribution de la grenouille des bois et du faux-criquet dans le Nord. Malgré cela, l'hibernation n'est pas sans danger, et le taux de mortalité en hiver est parfois très élevé chez la grenouille des bois.

La couleuvre rayée hiberne également sur terre, mais on ne croit pas qu'elle puisse tolérer le gel, ni creuser elle-même son hibernacle. Nous ne savons pas exactement à quelle profondeur les serpents hibernent, mais il semble que ce soit à au moins un mètre dans le Nord. La couleuvre doit hiberner dans des cavités existantes pour échapper au froid meurtrier. Dans le Nord, les hibernacles semblent relativement rares pour la couleuvre rayée. Ils sont parfois très éloignés de son habitat estival, forçant la couleuvre à parcourir de longues distances au printemps et à l'automne. Les habitats d'été convenables et les quartiers d'hiver sont parfois très loins les uns des autres, et la distribution des couleuvres est donc inégale. La rareté des hibernacles peut expliquer l'hibernation commune, fréquente chez les serpents septentrionaux, puisque les quelques abris disponibles sont partagés par de nombreux serpents.

L'ÉCOLOGIE DE LA COULEUVRE RAYÉE A FLANC ROUGE DANS LE PARC NATIONAL WOOD BUFFALO

De 1983 à 1985, nous avons étudié une population de couleuvres rayées à flanc rouge dans le parc national Wood Buffalo. Quoique notre étude ait été effectuée dans l'extrême nord de l'Alberta, ses conclusions s'appliquent également aux couleuvres des T.N.-O. Notre étude avait pour but de décrire l'écologie générale de ces ophidiens septentrionaux et de recueillir des données qui nous permettraient de comparer ces populations avec celles du sud. La section qui suit brosse un tableau général de l'écologie de la couleuvre rayée à

blanc rouge du Nord. Les conclusions détaillées sur certains aspects de cette étude feront l'objet d'articles spécialisés à venir.

Réveil printanier et reproduction

Le terrier de la rivière Salt, dans le parc national Wood Buffalo, a été au centre de notre étude, bien que nous ayons également étudié d'autres terriers dans la même région. Le terrier de la rivière Salt est une doline de calcaire affaissée qui sert chaque année d'hibernacle aux couleuvres rayées.

Les mâles sont les premiers à sortir du terrier au printemps. En 1983, 1984 et 1985, ils ont été les premiers à émerger entre la mi-avril et le début mai. On ignore ce qui les incite à sortir. On croit que le réchauffement printannier rend le sol plus chaud en surface qu'à l'intérieur du terrier et que les couleuvres décèlent cet écart, ce qui les incite à remonter. Nous ignorons pourquoi les mâles sortent avant les femelles. Peut-être hibernent-ils plus près de la surface que les femelles et perçoivent-ils le réchauffement avant elles. Il est clair toutefois qu'il n'est pas nécessaire que la température de leur corps soit élevée pour qu'ils sortent. La température cloacale de ceux qui émergent du terrier de la rivière Salt ne dépasse parfois pas 0,5°C.

À leur sortie, les couleuvres font grimper leur température en se chauffant au soleil près du terrier. Nous avons noté en une occasion que des mâles au terrier de la rivière Salt avaient réussi à faire monter leur température à plus de 18°C alors que la température de l'air n'était que d'environ 6°C. Il est important qu'ils puissent ainsi absorber la chaleur du soleil, car ils sont très vulnérables lorsqu'ils sont froids. Une couleuvre froide s'enroule souvent lorsqu'on la dérange, et elle peut bondir vers l'intrus dans un mouvement plutôt désordonné.

Les mâles continuent de sortir du terrier pendant les premiers jours et y retournent au milieu de l'après-midi lorsque la température commence à baisser. Cette tendance se poursuit jusqu'à ce que la température atteigne environ 15°C le jour. Les femelles commencent alors à sortir du terrier quelques-unes à la fois, pendant les deux semaines qui suivent.

Les couleuvres rayées s'accouplent lorsqu'une phéromone (substance chimique agissant comme un attractif sexuel) traverse la peau des femelles et attire les mâles. Chaque femelle est habituellement courtisée par de nombreux mâles, ce qui donne une masse grouillante de serpents qui tentent de s'accoupler (figure 4). Un mâle réussit à s'accoupler avec la femelle, et le reste des mâles s'en va à la recherche d'autres femelles. Après l'insémination, un bouchon gélatineux se forme dans la fente cloacale de la femelle. Une substance chimique dans ce bouchon repousse les autres mâles. Crews et Gartska (1982) ont étudié en détail cet aspect de l'accouplement.

Après l'accouplement, les femelles quittent les environs du terrier presque aussitôt. Les femelles fécondées du terrier de la rivière Salt restent un jour ou deux dans les environs si le temps est froid, mais quittent ensuite les environs du terrier. Les mâles, par contre, restent au terrier jusqu'à ce que la plupart des femelles soient parties. La période d'accouplement bat son plein pendant deux ou trois jours au milieu du printemps, après quoi le nombre de femelles sortant du terrier commence à baisser. De moins en moins de mâles

retournent au terrier chaque jour. Ils s'en vont peu à peu, passant les nuits maintenant plus douces sous des arbres morts ou des débris végétaux. Bientôt il ne reste aucune couleuvre dans le terrier. La période totale d'activité aux environs du terrier de la rivière Salt est plus courte que celle observée plus au sud (par exemple environ un mois et demi au Manitoba, Gregory, 1977). Cela peut être attribuable aux étés relativement courts dans le parc national Wood Buffalo.

Nous estimons qu'environ 500 couleuvres hibernent dans ce terrier chaque année, principalement des adultes, dont 60 p. 100 de mâles. Les couleuvreaux sont rares au terrier, et nous ignorons où ils hibernent.

Migration et nutrition

Pour savoir ce qu'elles mangent, nous avons obligé des couleuvres à régurgiter leur nourriture en leur massant doucement l'estomac. Cela ne semble pas les blesser, et elles peuvent recommencer à se nourrir l'instant d'après. Dans le parc national Wood Buffalo, la couleuvre rayée à flanc rouge se nourrit principalement de grenouilles des bois et de faux-criquets (figure 5). Pendant les mois d'été, les couleuvres vivent habituellement près des plans d'eau douce où elles trouvent des grenouilles.

Il y a beaucoup d'eau près du terrier de la rivière Salt, mais elle est en grande partie salée, et les grenouilles l'évitent. Les couleuvres doivent donc migrer vers les marais d'eau douce pour revenir au terrier à l'automne. Au printemps, on peut voir de nombreuses couleuvres traverser une route près du terrier de la rivière Salt, généralement vers l'est. La migration inverse se produit à l'automne, indiquant un fort mouvement orienté, semblable à celui observé au Manitoba (Gregory et Stewart, 1975). Mais traverser la route est périlleux, et les voitures tuent chaque année un grand nombre de couleuvres.

Afin d'obtenir plus de données sur les déplacements des couleuvres du terrier de la rivière Salt, nous avons suivi cinq grosses femelles grâce à des transmetteurs que nous leur avions implantés sous la peau au printemps avant de les relâcher au terrier (figure 6). Dès qu'elles ont commencé à s'éloigner du terrier, nous les avons suivies avec un récepteur et une antenne portatifs jusqu'aux terrains marécageux (figure 7). Lorsqu'il est devenu impossible de les suivre à pied, nous les avons suivies depuis les airs.

Les mouvements saisonniers des trois femelles étaient similaires (figure 8). En quittant le terrier, elles ont pris une direction nord-est jusqu'à ce qu'elles arrivent à un réseau de marais 4 km plus loin (figure 9). Les couleuvres ont passé l'été dans ces marais, s'aventurant jusqu'à 9 km du terrier. À la fin juillet et au début août, elles ont repris le chemin du terrier. Toutes les couleuvres radio-pistées ont tracé une «boucle migratoire», c'est-à-dire qu'elles n'ont pas suivi le même chemin pour retourner au terrier.

Les femelles radio-pistées ont eu chaque jour le même comportement pendant leur migration vers les marais. Elles sortaient de leur abri le matin (rondin, trou dans le sol, débris végétaux) et passaient le début de la matinée à se chauffer au soleil. Elles voyageaient pendant la partie la plus chaude de la journée, puis profitaient des dernières heures d'ensoleillement pour se chauffer avant de chercher un abri pour la nuit.

Figure 4
Une masse de couleuvres cherchant à s'accoupler au terrier de la rivière Salt du parc national Wood Buffalo. La grosse femelle (dont la tête dépasse de la masse) est assaillie par les mâles qui tentent tous de s'accoupler avec elle. (K.W. Larsen).

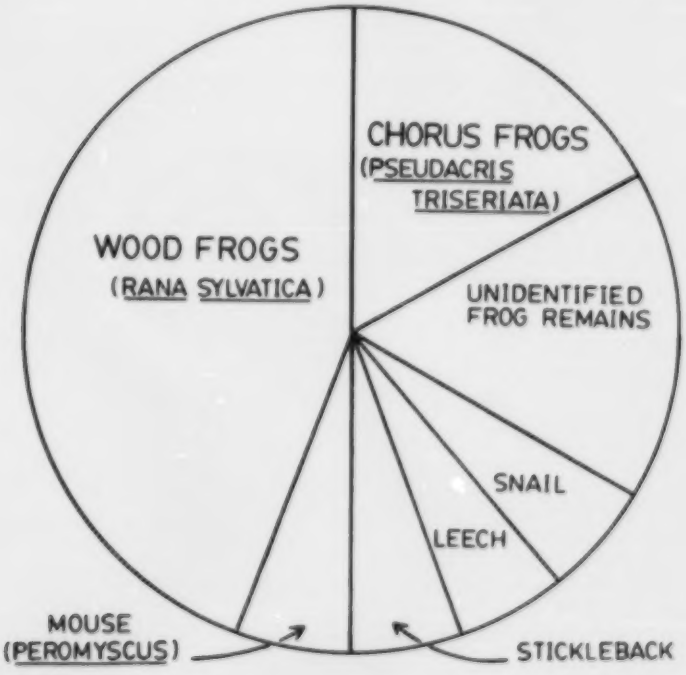

Figure 5
Proportions des proies obtenues par régurgitation forcée de la nourriture des couleuvres au parc national Wood Buffalo. L'échantillon comprend 18 proies.

Les couleuvres pouvaient parcourir de grandes distances en une journée: l'une d'elles a parcouru environ 1 km en cinq heures. À ce rythme, elles auraient pu atteindre les marais d'eau douce en trois ou quatre jours. Mais des périodes de temps froid les ont obligées à rester au même endroit un ou plusieurs jours. Ainsi, le voyage du terrier aux marais a pris jusqu'à deux semaines, ce qui représente une bonne partie de la saison active si on tient compte du voyage de retour, à l'automne.

Nous ne savons pas exactement comment les couleuvres s'orientent pendant leur migration, mais certains croient qu'elles se fient à leur odorat ou au soleil. On a pu démontrer que les couleuvres interprètent de nombreux indices sensoriels différents pour s'orienter dans leur milieu immédiat, mais nous ignorons toujours comment elles peuvent déterminer l'emplacement d'un terrier ou d'un marais situé à plusieurs kilomètres de distance.

Naissance des couleuvreaux

Il semble que la plupart des femelles gravides du terrier de la rivière Salt ne donnent pas naissance à leurs petits à l'hibernacle, bien que quelques-unes y reviennent chaque été et y donnent naissance. La majorité des femelles gravides restent près des marais d'eau douce où, croit-on, elles se nourrissent au début de l'été.

Elles ont tendance à se rassembler dans des endroits accueillants: un amas de rondins et de branches offrant une bonne exposition au soleil et une protection contre les prédateurs. Ce rassemblement est probablement attribuable à l'attrait des femelles pour ce genre d'endroit, mais il ne faut pas rejeter l'attraction possible entre les femelles gravides. De toute façon, ce genre de rassemblement a été observé fréquemment chez de nombreuses espèces de serpents.

Nous avons capturé des femelles gravides et les avons gardées en captivité jusqu'à la naissance des petits, entre la fin juillet et le début septembre. Nous avons observé des couleuvreaux près des marais dès la fin juillet ou le début août, et des femelles gravides se chauffant au soleil à proximité des terriers jusqu'à la mi-septembre; il semble donc que les petits naissent à la même période que la femelle soit en liberté ou en captivité.

En moyenne, les femelles du parc national Wood Buffalo ont moins de petits que dans le reste de l'aire de distribution de l'espèce (dont le Manitoba, figure 10). Les nouveaux-nés mesurent en moyenne 192 mm du museau au cloaque (LMC), soit plus que ceux du Manitoba (154 mm LMC) (Gregory, 1977). On ne connaît pas les avantages que peut avoir une petite couvée de gros couleuvreaux sur une grosse couvée de petits couleuvreaux.

On peut compléter l'observation de l'accouplement et de la gestation par d'autres types de données pour deviner les antécédents reproductifs de certaines femelles au cours des dernières années. Par exemple, on peut reconnaître les femelles qui ont récemment mis bas à leur apparence émaciée (leur poids peut alors diminuer du tiers ou plus) et au plissement longitudinal de la peau de chaque côté de l'abdomen. Bien que le nombre relativement faible de femelles adultes capturées dans des années subséquentes au parc national Wood Buffalo nous empêche de tirer des conclusions sûres quant aux cycles reproductifs de cette population, nous avons observé des cycles d'un an, de deux ans et même

Figure 6
Radiographie d'une couleuvre rayée révélant le transmetteur implanté sous la peau de l'abdomen et l'antenne sur toute la longueur du corps, entre les côtes et la peau (Centre sanitaire de Fort Smith).

Figure 7
K.W. Larsen suivant une couleuvre munie d'un transmetteur dans les marais, à l'extérieur du parc national Wood Buffalo. (R. Antoniak).

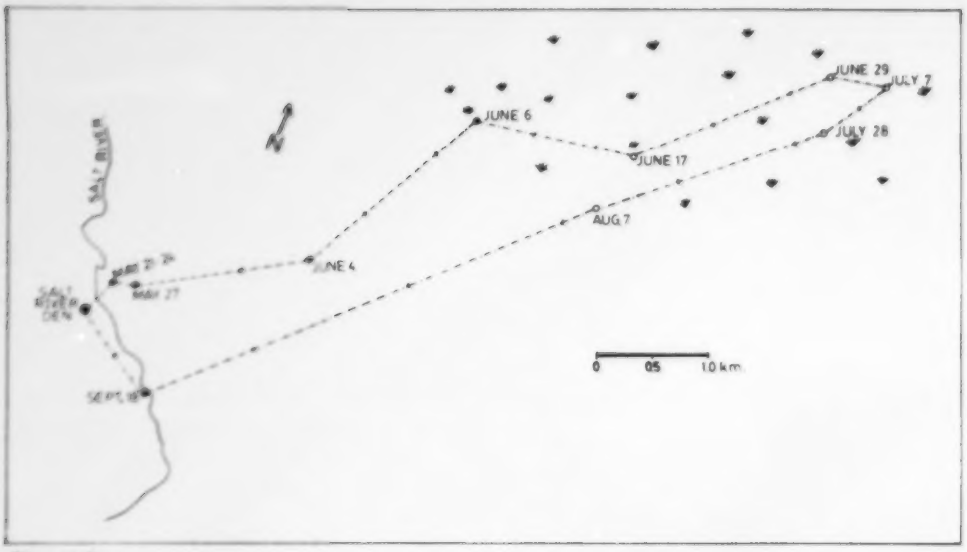

Figure 8
Mouvement migratoire d'une couleuvre radio-pistée pendant la saison active de 1984. Les observations ont été effectuées au sol (•) jusqu'à ce que l'animal atteigne les marais d'eau douce (●), où nous l'avons pisté (o) par avion.

Figure 9
Vue aérienne des marais fréquentés en été par les couleuvres rayées, à l'extérieur du parc national Wood Buffalo. (K.W. Larsen).

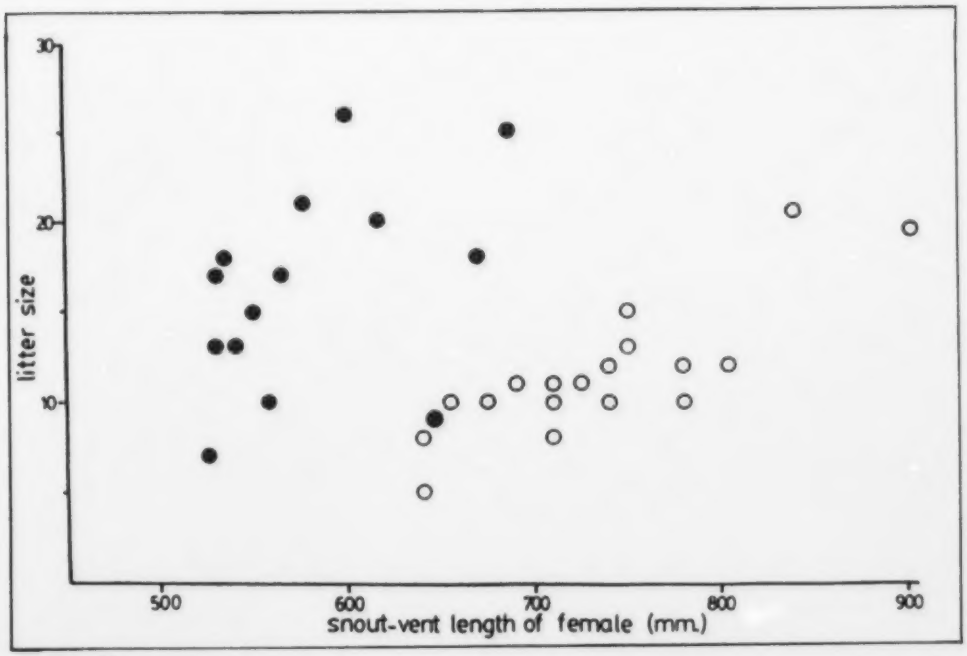

Figure 10
Taille des couvées de couleuvres rayées exprimée en fonction de la longueur museau-cloaque de la mère. Les cercles vides représentent les couvées du parc national Wood Buffalo et les cercles pleins celles du Manitoba (données sur le Manitoba tirées de Gregory, 1977).

plus. Nous avons conclu à des cycles reproductifs de plus de deux ans faute d'indices suggérant la reproduction au cours des trois années qu'a duré notre étude. Il faudra effectuer d'autres études à long terme pour déterminer la proportion de femelles adultes qui ont un cycle reproductif supérieur à un an. Néanmoins, nos conclusions préliminaires indiquent que la plupart des femelles du parc national Wood Buffalo ne se reproduisent pas tous les ans, contrairement aux femelles des populations plus au sud, dont celles du Kansas, (Fifth, 1965).

Étant donné le nombre relativement restreint de petits par couvée, et le fait qu'au moins une partie des femelles adultes ne se reproduisent pas chaque année, la population des couleuvres dans le parc national Wood Buffalo peut connaître un faible taux de renouvellement annuel. Il nous faut davantage de données sur la reproduction et la survie des couleuvreaux pour évaluer la situation, mais cela expliquerait pourquoi l'aire de distribution ne s'étend pas plus au nord, où les saisons d'activité sont encore plus courtes.

Croissance

Nous avons marqué des couleuvres du parc national Wood Buffalo en enlevant des écailles sur la partie inférieure de leur queue. De cette façon nous avons pu mesurer leur croissance d'un printemps à l'autre. Selon notre analyse, les couleuvres rayée à flanc rouge adultes du parc national Wood Buffalo croissent à peu près au même rythme que celles du sud du Manitoba (Gregory, 1977), mais plus lentement que celles du Kansas (Fifth, 1965). Comme très peu de nouveaux-nés ont été capturés, nous ignorons encore combien de temps il leur faut pour atteindre la taille adulte. Nous ne pouvons ni déterminer l'âge de la plupart des couleuvres ni tracer de courbes de croissance depuis la naissance.

Bien que nous ignorions les détails de la croissance chez les couleuvres du parc national Wood Buffalo, nous avons remarqué qu'elles atteignent une très grande taille (figure 10). Comme il existe des populations de grosses couleuvres ailleurs dans l'aire de distribution de l'espèce, dont au sud, nous ne pouvons trouver aucune explication à la grande taille des couleuvres de Wood Buffalo. La longueur moyenne des couleuvres adultes est d'environ 850 mm pour les femelles et de 690 mm pour les mâles, comparativement à 700 mm pour les femelles et à 610 mm pour les mâles au Manitoba (Gregory, observations non publiées). Il est normal chez la couleuvre rayée à flanc rouge que la femelle soit plus grosse que le mâle.

Terrier

L'été, les couleuvres rayées sont difficiles à localiser dans le parc national Wood Buffalo, mais à la fin d'août ou au début de septembre, elles reprennent le chemin du terrier, et elles deviennent plus visibles lorsqu'elles traversent les routes et les sentiers. Ce mouvement de masse est généralement précédé par quelques jours de temps froid.

Il y a des exceptions à ce mouvement migratoire, en particulier dans le cas des femelles gravides (voir la section précédente). De même, relativement peu de jeunes couleuvres utilisent le terrier, ce qui laisse supposer qu'il leur est possible de survivre ailleurs que dans les terriers communs. Il se peut que les couleuvreaux puissent utiliser des hibernacles inaccessibles aux couleuvres adultes, mais nous n'en avons trouvé aucun. Les quelques couleuvreaux qui

Figure 11
Le gardien du parc Jacques Saquet note la température qu'indiquent les sondes insérées à différentes profondeurs du terrier de la rivière Salt, dans le parc national Wood Buffalo (R. Antoniak).

Figure 12
Bouches d'aération dans la neige au terrier de la rivière Salt, parc national Wood Buffalo, 1985. L'air chaud qui s'élève des crevasses dans le sol fait fondre la neige qui se recristallise, formant des cônes de glace de 25 à 30 cm de haut (J. Saquet).

hiberment au terrier de la rivière Salt sont habituellement ceux qui y sont nés à l'automne. Très peu de femelles ayant récemment mis bas hiberment au terrier; nous ignorons si elles réussissent à hiberner ailleurs.

Le terrier de la rivière Salt (et vraisemblablement d'autres terriers de serpents) procure un milieu relativement chaud permettant aux couleuvres de survivre à l'hiver. Des sondes thermiques (figure 11) nous ont révélé que la température à l'intérieur du terrier, à environ un mètre sous la surface, ne descend jamais sous 0°C. Dans une autre cavité calcaire similaire située non loin de là, mais inhabitée, la température descent souvent sous -15°C, ce qui est fatal pour les couleuvres. En hiver, on peut voir des «bouches» d'air chaud (figure 12) dans le couvert de neige au dessus du terrier de la rivière Salt, mais pas au-dessus de l'autre cavité. Par temps froid, on peut voir de la buée sortir de ces bouches d'aération et du givre se former parfois sur la végétation qui les surplombe. Nous avons relevé des températures variant entre 0°C et 2°C dans ces bouches alors que la température extérieure était de -27°C. On a également observé de la buée sortant des terriers de serpents près du delta des rivières de la Paix et Athabasca (Bossenmaier, communication personnelle). On ne connaît ni la source de cette chaleur ni les différences physiques, s'il y en a, entre les terriers et les autres dolines.

Il semble n'y avoir que certains terriers assez chauds pour l'hibernation, ce qui peut limiter au nord l'aire de distribution de la couleuvre. La zone subarctique composée en partie de pergélisol borde la limite septentrionale de l'aire de distribution de la couleuvre, et il se peut qu'il n'y ait pas de terrier convenable dans cette région. Reste à savoir si ce facteur est plus déterminant que la durée de la saison active.

ÉPILOGUE

La biologie des batraciens et des reptiles dans le Nord du Canada offre de vastes possibilités d'études. En particulier la façon dont leur écologie et leur physiologie diffèrent de celles de leurs cousins du sud. Ce court article ne fait qu'effleurer ce que nous savons ou devons savoir sur les batraciens et les reptiles septentrionaux, mais nous espérons qu'il incitera les naturalistes et les autres à déposer leurs observations dans notre banque de renseignements.

En fait, même l'aspect le plus fondamental de la biologie de ces animaux exige une étude plus poussée. Il faut délimiter plus précisément leur distribution à petite et à grande échelle. Les aires de distribution des batraciens et des reptiles ont été déterminées à partir de relativement peu d'observations et de spécimens et sont mal connues. Les aires de distribution continues illustrées à la figure 3 sont quelques peu trompeuses; les cartes de Hodge (1976), qui montrent les endroits où les animaux sont établis ou ont été vus, donnent un aperçu plus réaliste de l'état de nos connaissances. Nous ne connaissons qu'un hibernacle de couleuvres dans les T.N.-O. (environ 20 km à l'ouest de Fort Smith), même s'il est courant de voir des couleuvres le long de la route entre Hay River et Fort Smith et dans les environs. Il est possible que de nouvelles espèces soient signalées dans les T.N.-O., notamment le crapaud de l'Ouest (Bufo boreas), qui vit au Yukon près de la frontière des T.N.-O. (Cook, 1984).

La présence ou les spécimens de batraciens et de reptiles doivent être signalés à P.T. Gregory, faculté de biologie, Université de Victoria, C.P. 1700,

Victoria (C.-B.), V8W 2Y2; au conservateur des collections, Centre du patrimoine septentrional Prince de Galles, Yellowknife (T.N.-O.), X1A 2L9; ou à la section d'herpétologie, Musée national des sciences naturelles, Ottawa (Ontario), K1A 0M8. Les observations faites dans le parc national Wood Buffalo doivent également être signalées au service de la conservation des ressources, parc national Wood Buffalo, Fort Smith (T.N.-O.), X0E 0P0.

Nous n'avons pas tenté d'établir une liste exhaustive des documents portant sur l'étude des batraciens et des reptiles septentrionaux. Nous avons mentionné les articles et les documents, ainsi que les références fournies dans ces articles, pouvant servir de point de départ au lecteur désireux d'effectuer des recherches sur un aspect ou un autre du sujet. Les livres de Hodge (1976) et de Cook (1984) constituent une bonne introduction aux batraciens et aux reptiles et renvoient à de nombreux ouvrages de référence additionnels. À ceux qui recherchent des ouvrages de référence techniques sur la biologie des batraciens et des reptiles, nous recommandons Duellman et Trueb (1986) et la série publiée par Gans (1969 jusqu'à maintenant).

Karl W. Larsen prépare un doctorat à la faculté de zoologie de l'Université de l'Alberta, à Edmonton, Alberta.
Patrick T. Gregory est professeur adjoint à la faculté de biologie de l'Université de Victoria, Victoria, C.-B. 27

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Parcs Canada et le personnel du parc national Wood Buffalo pour leur soutien logistique au cours de notre étude sur la couleuvre rayée. Le département des ressources renouvelables du campus Thebacha (Collège de l'Arctique) a fourni le matériel de biotélémétrie qui nous a permis de pister les couleuvres du haut des airs. Cormack Gates, biologiste de la région de Fort Smith, a mis son laboratoire à notre disposition; Rita Antoniak et Lee Lomas nous ont aidé dans nos recherches sur le terrain. Stacey Tessaro a effectué l'implantation chirurgicale des transmetteurs sur les couleuvres. Mary Jean Bossenmaier et Ken Stewart nous ont fourni les communications personnelles mentionnées dans l'article. Les permis de recherches nous ont été accordés par Parcs Canada et le ministère des Ressources renouvelables des Territoires du Nord-Ouest. L'étude a été financée grâce à une subvention accordée à P.T. Gregory par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. Ken Stewart (Université du Manitoba), Francis Cook (Musée national des sciences naturelles) et Bob Murphy (Ontario Royal Museum) ont révisé le manuscrit et suggéré de nombreuses améliorations.

BIBLIOGRAPHIE

BRADFORD D.F.,
1983, Winterkill, oxygen relations, and energy metabolism of a submerged dormant amphibian, *Rana mucosa*. *Ecology* n°4, pp. 1171-1183.

COOK, F.R.
1984, *Introduction aux amphibiens et reptiles du Canada*, Ottawa, Musée national des sciences naturelles.

CREWS, D. et W.R. GARSTKA
1983, La physiologie écologique d'un serpent jarretière, *Pour la science*, n°63, pp. 68-77.

DAVIES, P.M.C., J.W. PATTERSON et E.L. BENNETT
1981, Metabolic coping strategies in cold tolerant reptiles, *Journal of Thermal Biology* n°6, pp 321-330.

DUELLMAN, W.E., et L.TRUEB
1986, *Biology of Amphibians*, McGraw-Hill, New York.

EMERY, A.R., A.H. BERSTET K. KODAIRA
1972, Under-ice observations of wintering sites of leopard frogs, dans Copeia 1972, pp. 123-126.

FITCH, H.S.
1965, An ecological study of the garter snake, *Thamnophis sirtalis*, *University of Kansas Publications, Museum of Natural History* n°15(10), pp. 193-564.

GANS, C. ed.
1985, *Biology of the Reptilia*, vol. 14 et 15, John Wiley and Sons, New York.

1969-1982, *Biology of the Reptilia*, vol. 1 à 13, Academic Press, Londres.

GREGORY, P.T.
1982, Reptilian hibernation, dans *Biology of the Reptiles*, vol. 13, édité par C. Gans et F.H. Pough, pp. 53-154, Academic Press, New York.

1977, Life History parameters of the red-sided garter snake (*Thamnophis sirtalis parietalis*) in an extreme environment, the Interlake of Manitoba, *publications des Musées nationaux du Canada dans Zoology* n°13, Musées nationaux du Canada, Ottawa.

..... et K.W. STEWART
1975, Long-distance dispersal and feeding strategy of the red-sided garter snake (*Thamnophis sirtalis parietalis*) in the Interlake region of Manitoba, *Canadian Journal of Zoology* n°53, pp 238-245.

HERREID, C.F., et S. KINNEY
1967, Temperature and development of the wood frog, *Rana sylvatica*, in Alaska, *Ecology* n°48, pp. 579-590.

HODGE, R.P.
1976, *Amphibians and reptiles in Alaska, the Yukon and Northwest Territories*, Anchorage: Alaska Northwest Publishing Company, Anchorage.

KELLEHER, K.E. et J.R. TESTER
1969, Homing and survival in the Manitoba toad, *Bufo hemiophrys*, in Minnesota, *Ecology* n°50, pp 1040-1048.

MANIS, M.L. et D.L. CLAUSSEN
1986, Environmental and genetic influences on the thermal physiology of *Rana sylvatica*, *Journal of Thermal Biology* n°11, pp. 31-36.

PIANKA, E.R.
1978, *Evolutionary ecology*, 2 e édition, Harper and Row, New York.

STOREY, K.B. et J.M. STOREY
1986, Freeze tolerance and intolerance as strategies of winter survival in terrestrially hibernating amphibians, *Comparative Biochemistry and Physiology* n°83A, pp. 613-617.

WALDMAN, B. et M.J. RYAN
1983, Thermal advantages of communal egg mass deposition in wood frogs (*Rana sylvatica*), *Journal of Herpetology* n°17, pp. 70-72.

DOCUMENTS HORS-SÉRIE DU CENTRE DU PATRIMOINE SEPTENTRIONAL
PRINCE DE GALLES
N°3 (1988) P. 47 - 68

LA SAUVAGINE DANS LES TERRITOIRES DU NORD-OUEST IMPORTANCE ET GESTION D'UNE RESSOURCE DE CLASSE MONDIALE

Robert G. Bromley

RÉSUMÉ

La sauvagine abonde dans l'ensemble des Territoires du Nord-Ouest, où l'on trouve 50 % des oies et des cygnes de l'Amérique du Nord et une grande partie des canards plongeurs et marins du continent. La sauvagine est importante pour les Nordistes à plus d'un titre: du point de vue de l'esthétique, ces oiseaux sont les heureux messagers du printemps, leurs plumes colorées attirent les regards tant des Nordistes que des touristes, et la chasse sportive de la sauvagine est très populaire.

Ce qui nous intéresse davantage, c'est la chasse de subsistance de la sauvagine au printemps et à l'été. Bien que la chasse printanière soit pratiquée depuis des millénaires, elle est illégale en vertu de la *Loi sur la Convention concernant les oiseaux migrateurs*. L'Alaska connaît le même problème de gestion, et certaines populations d'oie y ont diminué de façon importante.

Les responsables de la gestion faunique reconnaissent que la chasse de subsistance de la sauvagine est souhaitable et compatible avec la protection des ressources. Ils reconnaissent également qu'il faut prendre des mesures immédiates pour légaliser la chasse de subsistance printanière. Ce faisant, les autorités peuvent collaborer avec les chasseurs pour établir un règlement applicable permettant à la fois une chasse de subsistance soutenue et la protection de la sauvagine dans un cadre nord-américain. Ce genre de règlement devra nécessairement tenir compte des conséquences plus graves de la chasse printanière, qui peut comprendre la prise d'oiseaux nicheurs et d'oeufs.

Il est essentiel d'étudier les répercussions de la chasse printanière sur les populations de sauvagine et les taux de reproduction de façon à rédiger un règlement qui assure véritablement la protection de cette ressource.

Figure 1
Carte des Territoires du Nord-Ouest indiquant les régions importantes pour la sauvagine.

INTRODUCTION

Rares sont les habitants des Territoires du Nord-Ouest qui ne s'émerveillent pas chaque printemps, ne serait-ce qu'un instant, à la vue de petits groupes de gracieux cygnes blancs se reposant sur les rives glacées, près de nos collectivités, ou à l'écoute du cri bizarre des canards kakawis (*clangula hyemalis*) qui manifestent leur joie d'être de retour dans le Nord. Rares également sont les Nordistes, surtout ceux qui vivent plus près de la nature, qui n'ont pas fait bonne chère d'oie rotie ou de soupe au canard. Les usages nombreux et variés de la sauvagine et l'exploitation généralisée de cette ressource témoignent de l'importance que les canards, les oies et les cygnes revêtent pour les habitants des T.N.-O. Cela s'explique non seulement parce que la sauvagine est un heureux présage du printemps et qu'elle garantit des repas savoureux et nutritifs, mais aussi parce que de nombreuses espèces et des millions d'oiseaux peuplent les
T.N.-O.

Il n'y a pas que les habitants du Nord qui reconnaissent l'importance de la sauvagine; il en est de même de tous les Nord-Américains. Des plans de gestion détaillés et de grande envergure ont été mis au point afin de protéger cette ressource internationale. Malgré cela, la survie de la sauvagine continue d'être menacée. La perte et la dégradation des habitats affectent particulièrement la sauvagine dans le sud du Canada et aux États-Unis. Face à ces menaces et aux problèmes prochains que l'on prévoit, les gouvernements du Canada et des États-Unis ainsi que ceux des provinces, des territoires et des Etats américains ont préparé un plan nord-américain de gestion de la sauvagine dont les parties se partageront les responsabilités. Signé en 1986 par le ministre de l'Environnement du Canada et le Secrétaire de l'Intérieur des États-Unis, ce plan favorise un climat d'ouverture et de franchise nécessaire au déroulement de pourparlers fructueux entre les deux pays à l'égard des mesures de gestion requises pour protéger la sauvagine. Dans ce contexte, la gestion de la sauvagine dans les T.N.-O. prendra davantage d'importance en réponse aux intérêts régionaux, nationaux et internationaux.

IMPORTANCE DE LA SAUVAGINE DANS LES T.N.-O.

L'importance de la sauvagine dans les T.N.-O., à l'échelle du continent, est énorme. Il existe 247 espèces de canards, d'oies et de cygnes (ordre des Anséri formes) dans le monde (Scott, 1972); 37 d'entre elles sont communes au Canada et aux États-Unis (Environnement Canada et département de l'Intérieur des États-Unis, 1985). De ce nombre, 29 espèces nichent régulièrement dans les T.N.-O. (Bellrose, 1980), soit deux espèces de cygnes, cinq d'oies, sept de canards de surface ou barboteurs, cinqde canards plongeurs et dix de canards marins et érismatures (voir le tableau 1). On note également parmi les oies des races distinctes comme la petite oie blanche (*chen caerulescens caerulescens*) et la grande oie blanche (*c. c. atlanticus*), la bernache cravant du Pacifique (*branta bernicla nigricans*) et la bernache cravant de l'Atlantique (*b. b. bernicla*).

Table 1

Les 29 espèces de sauvagines indigènes aux Territoires du Nord-Ouest et estimations brutes sur leurs population, selon le cas.

Groupe	Espèces	Estimation des populations dans les T.N.-O.
Cygnes	Cygne trompette	75
	Cygne siffleur	70 000
Oies	Oie rieuse	80 000
	Petite Oie des neiges	1 245 000
	Grandes Oie des neiges	171 000
	Oie de Ross	90 000
	Bernache cravant du Pacifique	21 000
	Bernache cravant de l'Atlantique	86 000
	Bernache du Canada	626 650
Canards barboteurs	Canard malard	432 000
	Canard noir	pas d'estimation
	Canard chipeau	16 800
	Canard siffleur d'Amérique	548 900
	Canard pilet	332 400
	Sarcelle à ailes vertes	280 600
	Sarcelle à ailes bleues	61 600
	Canard souchet	72 000
Canards plongeurs	Morillon à dos blanc	20 000
	Morillon à tête rouge	1 000
	Morillon à collier	5 000
	Grand Morillon	150 000
	Petit Morillon	1 600 000
Canards marins	Eider à duvet	930 000
	Eider à tête grise	910 000
	Canard arlequin	?
	Canard kakawi	800 000
	Macreuse à bec jaune	?
	Macreuse à front blanc	?
	Macreuse à ailes blanches	?
	Petit Garot	50 000
	Garrot de Barrow	1 000
	Garrot à oeil d'or	65 000
	Bec-scie à poitrine rousse	1 000
	Grand Bec-scie	1 000
Érismatures	Canard roux	Pas d'estimation

Environ 50 % de toutes les oies et de tous les cygnes d'Amérique du Nord naissent dans les T.N.-O. Cinquante-six pour cent des canards marins de notre continent naissent et grandissent dans les T.N.-O., de même que 23 % des canards plongeurs et une proportion relativement faible (5 %) des canards de surface (calculé à partir de Bellrose, 1980). Il en est d'ailleurs ainsi pour la totalité des oies de Ross (*chen rossii*) du monde, 90 % de la population mondiale de petites et grandes oies blanches, et environ 90 % de la population nord-américaine de bernaches cravants de l'Atlantique, d'eiders à duvet (*somateria mollissima*) et d'eiders à tête grise (*s. spectabilis*).

Pour assurer la survie de la sauvagine, il est essentiel de protéger son habitat. C'est pourquoi les autorités ont établi des refuges et des réserves ornithologiques. Dans les T.N.-O., il existe 34 de ces lieux clés, dont la superficie totale représente 156 519 km^2 . Neuf refuges d'oiseaux migrateurs (représentant 96 113 km^2) ont été réservés aux oies blanches et aux oies de Ross, et quatre réserves ont été créés pour «accueillir» (surtout au printemps et à l'automne) la bernache cravant, la bernache du Canada (*branta canadensis*) et la petite oie blanche (ministère des Ressources renouvelables des T.N.-O. et Service canadien de la faune, 1984).

La description qui suit des populations de sauvagine est extraite de l'ouvrage de Bellrose (1980). Les noms des localités des T.N.-O. sont indiqués à la figure 1.

Cygnes

L'espèce de cygne la plus répandue dans les T.N.-O. est le cygne siffleur (*cygnus columbianus*) (voir figure 2). Il niche dans une région qui s'étend du sud de l'île de Baffin jusqu'au delta du Mackenzie, et il passe l'hiver aux États-Unis, sur les côtes du Pacifique et de l'Atlantique. Moins de cent cygnes trompettes (*cygnus buccinator*) (McCormick et Shandruk, 1986) occupent une petite région à proximité du parc national Nahanni. Cette population serait en croissance.

Oies

L'oie rieuse (*anser albifrons*) des T.N.-O. niche principalement dans la région du delta du Mackenzie et le sud de l'île Victoria, de la péninsule de Kent et des basses terres du bassin de Rasmussen, au centre de l'Arctique. Cette oie migre vers les marais côtiers du Texas et de la Louisianne pour les mois d'hiver.

L'oie blanche (figure 2) habite en colonies; elle niche principalement sur l'île de Banks, dans le delta de la rivière Anderson, dans le golfe de la Reine Maud, sur l'île de Baffin, sur l'île de Southampton et sur la côte ouest de la baie d'Hudson. Elle hiverne sur les côtes de l'État de Washington, de la Californie, du Mexique, du Texas, de la Louisiane et de l'Atlantique. La phase bleue de la petite oie blanche vit principalement avec les populations du centre-est qui hivernent dans les marais du Texas et de la Louisiane. Les populations plus à l'est, qui hivernent sur la côte de l'Atlantique, sont composées en grande partie de grandes oies blanches. L'oie de Ross, une réplique miniature de l'oie blanche, niche principalement dans le golf de la Reine Maud et migre en Californie et au Mexique pour l'hiver.

La bernache du Canada (figure 3) niche dans l'ensemble des T.N.-O. Cette espèce regroupe des races dont la taille, la couleur, la structure et les aires de

Figure 2
En haut: Cygne siffleur, en bas: Petite oie blanche.

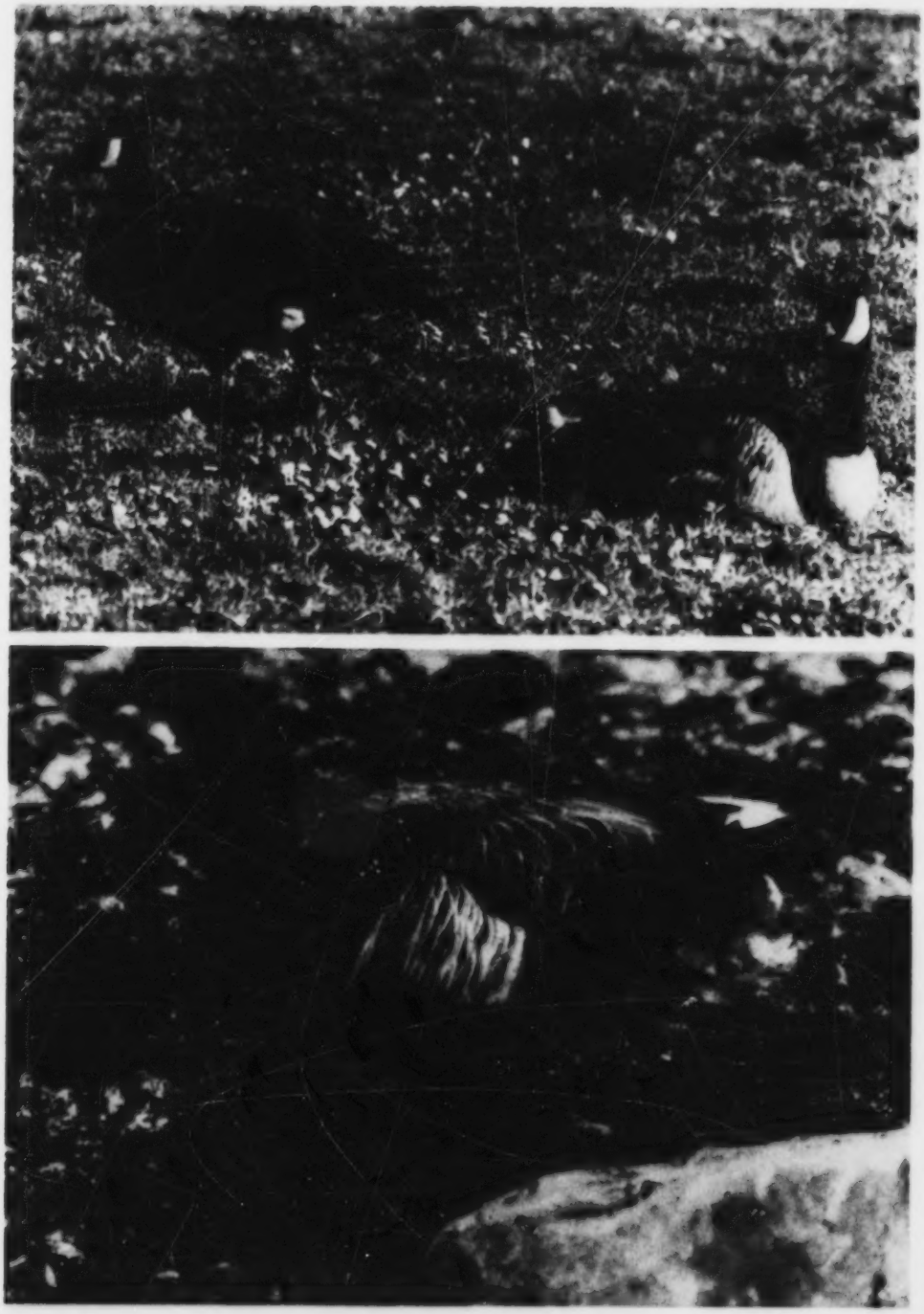

Figure 3
En haut: Bernache du Canada, en bas: Bernache cravant.

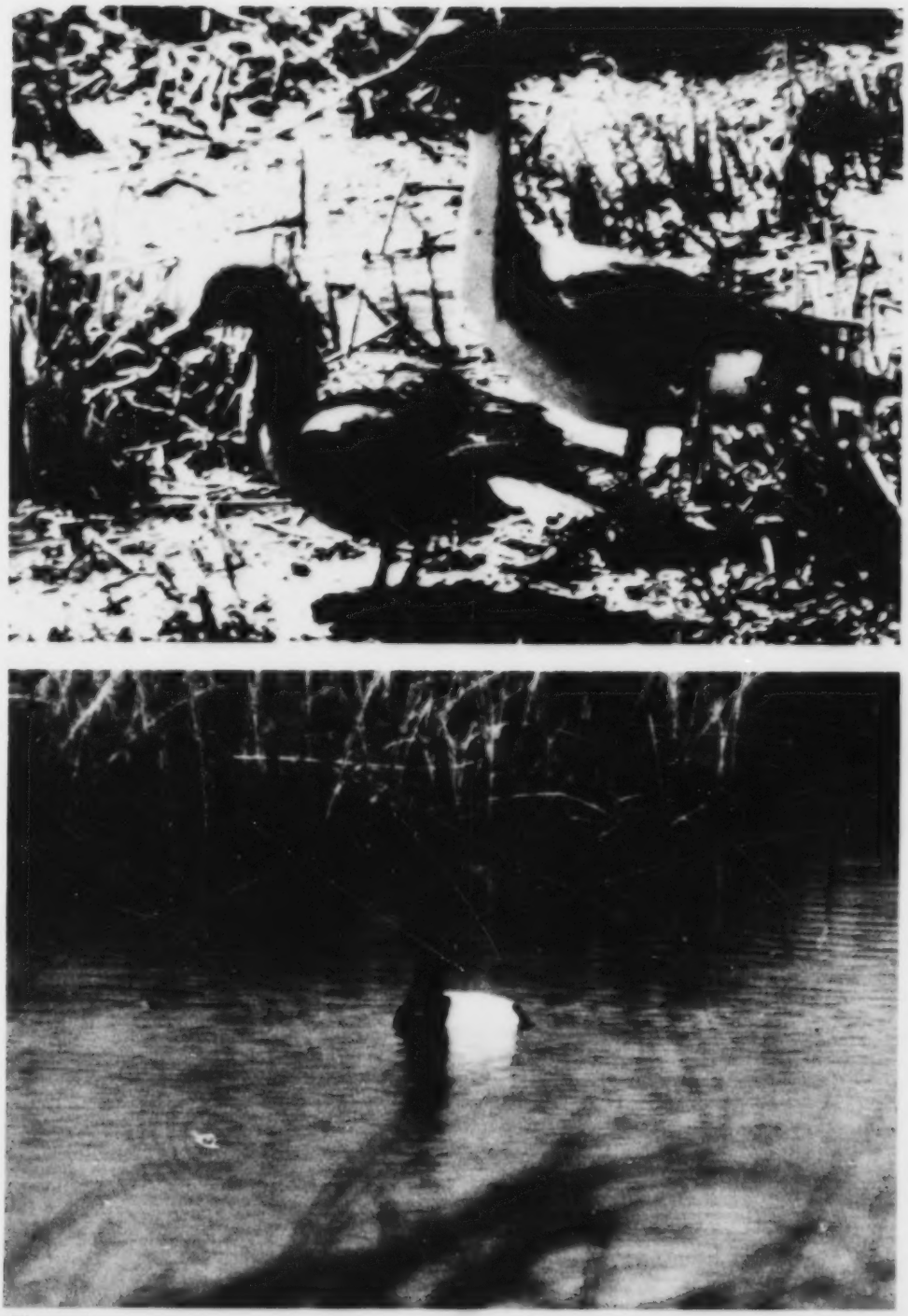

Figure 4
En haut: Canard pilet, en bas: Morillon à dos blanc.

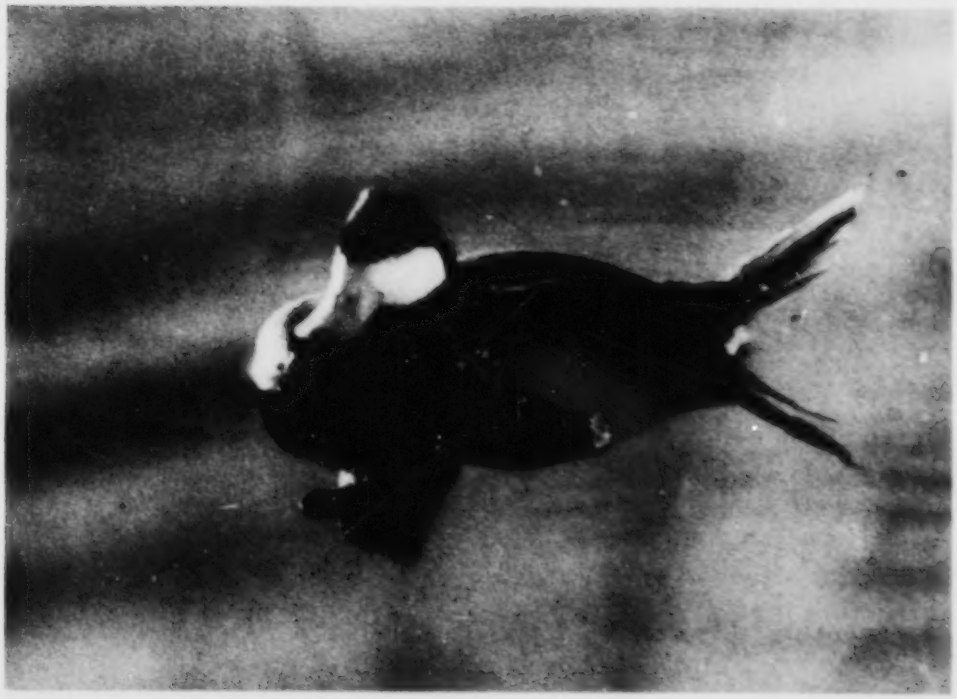

Figure 5
En haut: Canard kakawi, en bas: Canard roux.

distribution diffèrent. Elle niche surtout dans les régions clairsemées et hiverne plus au nord que les autres espèces d'oies. En été, plusieurs milliers de bernaches canadiennes non couveuses quittent le sud du Canada et le nord des États-Unis à destination des T.N.-O. pour la mue. Des troupes d'oies hivernent partout aux États-Unis, dans les régions côtières et intérieures. Certaines bernaches du Canada hivernent sur les côtes de la Colombie-Britannique et dans le sud-est du Canada.

Les bernaches cravants du Pacifique et de l'Atlantique (figure 3) sont des «oies marines» qui nichent et hivernent près de l'eau salée. La bernache cravant du Pacifique niche le long de la côte de l'Arctique jusqu'au golfe de la Reine Maud, à l'est, et dans les îles au nord. Elle migre vers la côte ouest des États-Unis et du Mexique. Au cours des dernières années, les bernaches cravants du Pacifique ont délaissé en masse les aires d'hivernage de la côte américaine au profit de celles du Mexique. La bernache cravant de l'Atlantique niche sur l'île de Southampton et dans l'archipel arctique où niche également la bernache cravant du Pacifique avec qui elle se croise. Les principales aires d'hivernage de la bernache cravant de l'Atlantique se trouvent le long de la côte nord-est des États-Unis, bien que certaines hivernent sur les côtes d'Irlande.

Canards barboteurs et plongeurs

Les canards barboteurs tendent à nicher principalement au sud de la ligne d'arborescence, dans le sud des T.N.-O., à l'exception du canard pilet (*anas acuta*) (figure 4) qui niche également dans la toundra. Les canards plongeurs comme le morillon à dos blanc (*aythya valisineria*) (figure 4) occupent une aire de distribution similaire à celle des canards barboteurs, le grand morillon (*aythya marila*) vivant légèrement plus au nord que les autres. Les canards barboteurs et plongeurs migrent tous les deux vers le sud, principalement le long de corridors traditionnels, que l'on appelle plus communément «routes de vol migratoire», et hivernent surtout dans les marais côtiers des États-Unis. Des biologistes croient que de nombreux canards barboteurs migrent aux T.N.-O. pour y nicher ou simplement y passer l'été lorsque la sécheresse frappe les prairies. On a montré que le canard pilet (Smith, 1970; Dirksen et Eldridge, 1980) et les canards barboteurs en général (Hansen et McKnight, 1964) migrent vers le nord, au moins jusqu'en Alaska et le nord de l'Alberta.

Canards marins

L'eider est un canard marin classique; il niche et hiverne à proximité de l'océan. L'eider à tête grise niche habituellement un peu plus à l'intérieur des terres que l'eider à duvet vivant en colonie. En été, on trouve ces deux espèces sur presque toutes les côtes des T.N.-O., et en hiver dans les régions côtières de l'Alaska et de la Colombie-Britannique à l'ouest, et dans les Maritimes et les états de la Nouvelle-Angleterre à l'est.

Dans les T.N.-O., le canard arlequin de l'est (histrionicus histrionicus) niche seulement dans le sud-est de l'île de Baffin et hiverne sur la côte sud-est du Canada. Le canard kakawi (figure 5) niche dans tout le nord-est des T.N.-O., principalement au nord de la ligne d'arborescence. Il hiverne sur les deux côtes de l'Amérique du Nord et dans la région des Grands Lacs.

La macreuse (*melanitta*), le petit garrot (*bucephala albeola*), le garrot commun (*b. clangula*) et le grand bec-scie (*mergus merganser*), comme

les canards barboteurs et plongeurs, nichent surtout dans les régions boisées du sud-ouest des T.N.-O. Les macreuses hivernent sur les côtes est et ouest de l'Amérique du Nord. On trouve le petit garrot dans les mêmes régions ainsi que sur les côtes du golfe du Mexique. Le grand bec-scie est un oiseau robuste qui hiverne dans toute la partie continentale des États-Unis et le long de la côte du Pacifique, du sud-est de l'Alaska jusqu'en Californie. On le trouve aussi dans les Maritimes en hiver comme en été.

Le bec-scie à poitrine rousse (*mergus serrator*) vit dans presque toute la partie continentale des T.N.-O. et dans le sud de l'île de Baffin. C'est l'une des quelques espèces de canards dont l'aire de nidification s'étend loin au nord et au sud de la ligne d'arborescence. En hiver, le bec-scie à poitrine rousse vit le long des côtes est et ouest de l'Amérique du Nord, sur la côte nord du golfe du Mexique et dans la région des Grands Lacs.

Érismatures

Le dernier, et presque le moindre, est le minuscule canard roux (*oxyura jamaicensis*), le seul érismature qui vit dans les T.N.-O. (figure 3). Un petit nombre de canards roux vivent dans la région entre la partie ouest du Grand lac des Esclaves et la frontière du Yukon. Cette espèce hiverne le long des côtes est et ouest des États-Unis et au Mexique.

EXPLOITATION DE LA SAUVAGINE DANS LES T.N.-O.

L'exploitation de la sauvagine dans les T.N.-O. peut être divisée en trois grandes catégories: esthétique, chasse sportive et chasse de subsistance. Les raisons et les points de vue des utilisateurs sont fort compliqués; ces derniers peuvent donc faire partie de plus d'une catégorie.

Esthétique

Au printemps, on peut voir la sauvagine dans les premiers plans d'eau libres de glace comme les fossés, les étangs, les lacs ou les rives d'eaux salées, à mesure que la glace fond. Les ornithologues amateurs, les photographes de la nature, les passionnés du plein air et tout simplement ceux qui savent qu'elle existe et qu'elle constitue un élément fonctionnel de leur environnement apprécient la sauvagine, surtout à cause de son plumage riche et diversifié, des comportements variés et complexes de chaque espèce, de sa grande taille, de la tendance qu'ont les oiseaux à se regrouper et de sa vaste distribution. Les oies qui migrent au printemps et à l'automne transmettent de nombreux messages dans leurs cris joyeux. Les valeurs culturelles et spirituelles incarnées par la faune en Amérique du Nord sont de plus en plus reconnues dans notre monde agité, et cette tendance se propage également dans le Nord.

Chasse sportive

Dans les T.N.-O., la chasse sportive de la sauvagine n'est permise qu'à l'automne; les chasseurs ne doivent tirer qu'à certaines heures et ne prendre qu'un nombre limité d'oiseaux, conformément aux règlements. Cependant, comme la saison est courte, les limites de prise quotidiennes sont généreuses et la possession est illimitée.

Même si le nombre quotidien moyen d'oiseaux aquatiques pris par les chasseurs sportifs des T.N.-O. correspond à la moyenne nationale, le nombre total de prises par chasseurs pour la saison lui est de beaucoup inférieur. En 1983, 750 chasseurs ont acheté un permis de chasse aux oiseaux migrateurs dans les T.N.-O.; 745 d'entre eux habitaient les T.N.-O. On estime qu'ils ont récolté 13 005 canards et 2 745 oies (Service canadien de la faune, 1984).

Dans ses études sur les chasseurs d'oiseaux migrateurs au Canada, Filion (1978) a conclu que les chasseurs étaient représentatifs de la population masculine canadienne au chapitre du revenu, du travail et de l'éducation. Filion et Parker (1984) ont constaté qu'il n'y a pas que le fait de tuer des oiseaux ou le nombre de prises qui comptent aux yeux des chasseurs sportifs, mais aussi les avantages sociaux et psychologiques; notamment être dans un milieu naturel, relever un défi, simplement admirer les oiseaux, et chasser avec quelques parents ou amis intimes. D'après leurs études, plus de 35 % des chasseurs prennent plaisir à chasser les oiseaux migrateurs même lorsqu'ils n'en prennent aucun. Il apparaît évident que les valeurs culturelles de cette activité comprennent autant l'esthétique de la ressource que l'aspect consommation.

Chasse de subsistance

On entend ici par «chasse de subsistance» la prise d'oiseaux aquatiques pour subvenir aux besoins du foyer. Ce genre de récolte des oiseaux et de leurs oeufs est pratiquée en fonction des besoins et de la disponibilité de la ressource. La chasse de subsistance a normalement lieu lors du dégel printanier alors que la viande fraîche est fort appréciée, et de la fin de l'été à l'automne lorsqu'il est facile de se déplacer par bateau et de prendre des oiseaux coureurs (Klein, 1966; Macauley et Boag, 1979; Barry, en préparation).

Certains des premiers explorateurs du Nord ont peut-être capturé l'esprit de la chasse de subsistance dans leurs fascinantes notes sur la sauvagine. Dans sa recherche du passage du Nord-Ouest, Sir John Ross (1835:703) écrivit ce qui suit en juin 1833:

> «Nous avons pu donner à tous un régal de canard aujourd'hui: le seul dîner décent qu'ils ont eu depuis longtemps; quoique ce genre de délices était à d'autres occasions réservés aux malades.» (Traduction libre)

En 1834, George Back (1970:464) déclara ce qui suit lors de son voyage sur l'océan Arctique:

> «A partir du 15, les cygnes, oies et différentes espèces de canards ont commencé à arriver en troupes; ils ont été accueillis à peine plus comme messagers du printemps que comme cibles pour les tireurs qui se divertissaient, et comme changement apprécié au menu.» (Traduction libre)

Plus flegmatique, Samuel Hearne (1795:27) écrivit ce qui suit en mai 1770:

> «A partir du 19, les oies, cygnes, canards, mouettes et autres oiseaux migrateurs étaient si nombreux que nous en tuions chaque jour suffisamment pour subvenir à nos besoins.» (Traduction libre)

Alexander Mackenzie (1801:xc) a fait l'observation suivante à la fin des années 1790:

> «Pendant une courte période au printemps et à l'automne, un grand nombre d'oiseaux sauvages fréquentent cette région, et ils constituent d'agréables repas lorsqu'on a été privé de viande pendant si longtemps.» (Traduction libre)

De nos jours, une grande partie des prises dites de subsistance peut se qualifier à plus juste titre de «traditionnelle». Comme de nombreux chasseurs autochtones ont changé de mode de vie, la chasse à la sauvagine au printemps n'est plus nécessaire, ou ne l'est plus autant. Mais indifféremment de leurs besoins matériels, certains chasseurs estiment que la chasse à la sauvagine aux périodes traditionnelles demeure importante pour des raisons spirituelles et esthétiques.

Bien que l'on connaisse mal les saisons et l'ampleur de la chasse de subsistance dans les T.N.-O., on a recueilli des données sur la question. Selon les études préliminaires effectuées dans différentes régions des T.N.-O., il semble que les chasseurs de subsistance soient particulièrement actifs pendant les mois de mai et de juin. Des données estimatives sur la récolte de sauvagine dans la région de Baffin en 1981 et 1982 figurent dans le tableau 2 (Donaldson, 1983 et 1984), tout comme celles pour les collectivités de la région de Keewatin pour une période semblable (tableau 2) (Gamble, 1984). La cueillette des oeufs de sauvagine est parfois importante, comme à Eskimo Point où 6 525 oeufs ont été cueillis en 1977 (McEachern, 1978). À Coral Harbour, en 1982-1983, la sauvagine a devancé le caribou au chapitre du poids comestible de gibier capturé, alors qu'elle a fourni 12 800 kg de viande comestible, se plaçant ainsi au troisième rang, après le béluga (*delphi napterus leucas*) et le morse (*odobaenus rosmarus*) (Gamble, 1984).

Des études effectuées par Barry (en préparation) dans la région du delta du Mackenzie, à la fin des années 60, ont permis d'évaluer le nombre d'oies, de cygnes, d'eiders, de macreuses, de canards kakawis, de canards pilets et d'autres canards pris annuellement dans le cadre de la chasse de subsistance printanière et automnale (tableau 2). Bien que les études effectuées dans la région de Kitikmeot (T.N.-O.) soient encore au stade préliminaire et qu'on ne dispose pas encore d'une évaluation de la récolte totale, des chasseurs de sept collectivités ont noté le nombre d'oies et de canards qu'ils ont pris pour subvenir à leurs besoins en 1984 (tableau 2) (ministère des Ressources renouvelables des T.N.-O. et Association des chasseurs et trappeurs de la région de Kitikmeot, 1985). La presque totalité des prises ont été faites en juin.

Jusqu'à maintenant, on ne dispose d'aucune évaluation de la récolte de subsistance de la sauvagine pour la région de Fort Smith (figure 1) et la région du sud d'Inuvik (figure 1).

Table 2

Estimation du nombre de prises de sauvagines par les autochtones dans certaines région des Territoires du Nord-Ouest

Région	Année de l'enquête	Estimation des prises annuelles	Source
Baffin	1981	5 507 oies 11 520 eiders 260 macreuses et canards kakawis n. ind. canards divers	Donaldson (1983-84)
	1982	10 862 oies 15 600 eiders 410 macreuses et canards kakawis n. ind. canards divers	
Keewatin	1981	6 347 oies 386 eiders 10 macreuses et canards kakawis 1 canard divers	Calcul établi à partir de Gamble 1984
	1983	7 641 oies 418 eiders 18 macreuses et canards kakawis n.ind. canards divers	
Kitikmeot [1]	1984	1 137 oies 4 926 canards divers [2]	M.R.R. des T.N.-O. et H.T.A. de Kitikmeot (1985)
Delta du Mackenzie	1967-68	8 576 oies 1 922 eiders 3 744 macreuses et canards kakawis 8 269 canards divers	Barry (en prép.)

1. Ces chiffres représentent les prises connues d'un échantillon de chasseurs des sept localités de la région de Kitikmeot. On ne dispose pas d'estimations sur le nombre total de prises.

2. Dans la région de Kitikmeot, «canards divers» s'entend d'eiders, de macreuses et de canards kakawis.

GESTION DE LA SAUVAGINE DANS LES T.N.-O.

Le Service canadien de la faune (SCF) d'Environnement Canada est le principal organisme responsable de la gestion de la sauvagine au Canada. Il voit à l'application de la Convention concernant les oiseaux migrateurs entre la Grande-Bretagne (pour le Canada) et les États-Unis ainsi que la *Loi sur la Convention concernant les oiseaux migrateurs* adoptée en 1918. Le ministère des Ressources renouvelables (MRR) des T.N.-O. partage maintenant cette responsabilité avec Environnement Canada. Bien que le SCF participe à la gestion de la sauvagine dans le Nord depuis de nombreuses années, ce n'est qu'au cours des dernières années que le MRR a accru ses responsabilités à l'égard de la sauvagine au-delà de l'application du règlement sur les oiseaux migrateurs.

Par chance pour les T.N.-O., les facteurs à l'origine des problèmes graves touchant les populations de sauvagine se trouvaient à l'extérieur de leur territoire, et leur résolution ne relevait pas de leur compétence. L'habitat de la sauvagine dans les T.N.-O. est resté dans un état presque parfait, quoique certaines régions aient été touchées, mais non pas toujours négativement, par l'exploitation des ressources non renouvelables. Cependant, comme la sauvagine est de plus en plus affectée par les modifications apportées à son habitat et par l'augmentation de la chasse dans l'ensemble de son aire de distribution, il importe d'en arriver à une gestion plus avisée et unifiée de cette ressource à l'échelle régionale, nationale et internationale.

La chasse de subsistance printanière et estivale de la sauvagine figure parmi les principaux problèmes auxquels font face aujourd'hui les gestionnaires de la faune des T.N.-O. Des milliers de canards et d'oies sont pris tous les printemps et tous les étés, et pourtant, selon la *Loi sur la Convention concernant les oiseaux migrateurs*, la plus grande partie de ces prises sont illégales. Règle générale, cet aspect du règlement n'est pas mis en application auprès des autochtones, et les gouvernements n'ont toujours pas réussi à adopter une autre loi pour réglementer leurs prises dans l'intérêt de la protection des ressources.

Les T.N.-O. ne sont pas la seule administration qui fait face à ce dilemme; de nombreuses provinces, le Yukon et l'Alaska sont dans la même situation. Le rapport de Raveling (1983), qui résume la crise actuelle en Alaska, illustre les problèmes causés par l'inaptitude des autorités à corriger une loi inadéquate et par une exploitation incontrôlée de la ressource.

Le delta des fleuves Yukon et Kuskokwim, dans l'ouest de l'Alaska accueillait autrefois un nombre incalculable d'oiseaux aquatiques, principalement des oies. Dans les années 60, on estimait qu'il y avait jusqu'à 450 000 oies rieuses, 350 000 bernaches minimes du Canada (*b. c. minima*) et 150 000 oies empereurs (*chen canagica*). Au début des années 80, on ne comptait plus que 81 000 oies rieuses, 69 000 bernaches minimes du Canada et 98 000 oies empereurs (des baisses de 82 %, 80 % et 35 % respectivement). En 1983, on estimait à 26 000 le nombre de bernaches minimes du Canada (une baisse de 93 % par rapport aux années 60).

Pendant cette période de déclin, on a adopté des règlements sur la chasse sportive qui ont entraîné une réduction de 65 % des prises de bernaches minimes du Canada et de 57 % des prises d'oies empereurs au cours des années 70. Grâce à la fermeture de certains territoires de chasse au début des années 80, peu d'oies

ont été prises en Californie, région où la chasse sportive est la plus populaire; malgré cela, la population a continué de baisser.

Entre 1960 et 1980, la population autochtone de la région du delta des fleuves Yukon et Kuskokwim s'est accrue de 42 %. Les autochtones ont troqué les chiens pour des motoneiges et des hors-bord, et ils disposent maintenant d'armes plus puissantes. Raveling (1983) a montré que la chasse menée par les autochtones était excessive compte tenu de la population de sauvagine; combinée à la chasse sportive en Californie, elle a eu des répercussions désastreuses sur la population de sauvagine.

Raveling faisait ensuite état de l'exaspération des gestionnaires aux prises avec des mésententes sur le plan culturel et des difficultés quant à l'application du règlement. Il a finalement blâmé les autorités chargées de la gestion au niveau des États et des gouvernements fédéraux. Il a indiqué que le Service de la faune des États-Unis avait raison d'appuyer la chasse de subsistance sur les terres publiques, mais uniquement dans la mesure où elle ne met pas en péril les efforts de préservation. Il apparaît évident qu'on a dépassé cette limite, et les chasseurs sportifs et de subsistance devront en subir les conséquences pendant des décennies. La perte de cette magnifique ressource qu'est la sauvagine aura sûrement de profondes répercussions sur les jeunes de toutes les cultures dans les régions touchées.

Les T.N.-O. ne sont pas à l'abri de ce genre de situations. Par exemple, les colonies d'eiders à duvet dans la région de Cape Dorset ont fortement souffert de surexploitation (Cooch, 1986). Plusieurs facteurs font que les T.N.-O. risquent moins de connaître des problèmes d'une envergure comparable à ceux de l'Alaska, du moins à court terme. D'abord, relativement peu de gens vivent à proximité des grandes colonies d'oiseaux. Ensuite, les populations de sauvagine sont plus dispersées dans les T.N.-O. qu'en Alaska; ainsi les baisses de population régionales ont moins d'influence sur la population totale des T.N.-O. Et surtout, il existe déjà un réseau d'interaction et de rétroaction entre les chasseurs et les gestionnaires, soit les associations de chasseurs et de trappeurs régionales. Comme il y a une association dans toutes les collectivités des T.N.-O., il y a de fortes chances qu'on prendra les mesures nécessaires dès que les problèmes se manifesteront.

Néanmoins, une étude du taux de croissance de la population humaine dans les T.N.-O. révèle que la population autochtone s'accroîtra de 43 % au cours des 15 prochaines années (ministère de l'Information des T.N.-O., 1986). Ce taux de croissance est supérieur à celui des autochtones de l'Alaska qui, dans les années 60, étaient considérés comme une population ayant l'une des plus fortes croissances au monde (Raveling, 1983). Le développement de la mobilité et des techniques de chasse des autochtones des T.N.-O. a été aussi rapide, sinon plus, que celui des autochtones de l'Alaska (obs. pers. de Cooch, sans date). Par conséquent, le moment est venu de discuter avec les habitants des T.N.-O. des moyens de prévenir ce problème possible sur notre territoire.

On commence à s'attaquer aux problèmes de gestion de la sauvagine; cependant, l'efficacité de tout programme dépend de l'appui que lui accorderont les chasseurs de sauvagine. Le plan nord-américain de gestion de la sauvagine (Environnement Canada et département de l'Intérieur des États-Unis, 1985) reconnaît que la chasse de subsistance contrôlée de la sauvagine est souhaitable et compatible avec la conservation. En Alaska, les habitants du delta des fleuves

Yukon et Kuskokwim, le Service de la faune des États-Unis, les départements de la Chasse et de la Pêche de l'Alaska et de la Californie ont signé une entente après de nombreuses consultations. Bien qu'on n'en ait pas testé la légalité, elle prescrit un règlement sur la chasse de subsistance ainsi que des mesures d'application à l'échelle des collectivités afin d'essayer de protéger et d'accroître les populations d'oies. Dans les T.N.-O., des mesures de ce genre se sont déjà avérées efficaces dans la gestion des ours blancs, des caribous et des boeufs musqués. Les autorités fédérales du Canada et des États-Unis continuent de négocier en vue d'en arriver à un règlement possible sur la chasse de subsistance. L'aboutissement de ces négociations nous fera faire un pas important vers l'assurance de la préservation à long terme de la sauvagine.

La légalisation de la chasse printanière n'est toutefois qu'une première étape; il faut encore élaborer des règlements la régissant. À l'heure actuelle, les gestionnaires connaissent peu les répercussions de la chasse printanière sur les populations de sauvagine. Il ne fait aucun doute que la prise d'oiseaux nicheurs peut avoir d'importantes répercussions sur les populations, mais on ignore actuellement quelle proportion d'oiseaux pris au printemps sont nicheurs. Bien que la cueillette de toute une couvée d'oeufs risque d'avoir des effets dévastateurs pour une population, la cueillette partielle des couvées peut avoir peu de conséquences. Par exemple, Novakowski (1966) a constaté que puisque les grues réussissent rarement à élever plus d'un petit sur deux, le taux de production serait peu affecté par la cueillette d'un oeuf par couvée de deux oeufs. Le même lien existe peut-être chez la sauvagine.

Au cours des dernières décennies, les recherches ont porté principalement sur la chasse automnale de la sauvagine. Il semble maintenant indiqué d'accorder la priorité à la découverte des répercussions des différentes activités de subsistance, notamment de la chasse printanière et du «dénichement» (la cueillette des oeufs dans les nids pour se nourrir). Ces renseignements sont essentiels à la rédaction d'un règlement qui assurera la préservation de la ressource tout en permettant son exploitation. La collecte efficace de ces renseignements nécessitera la participation de tous les habitants et l'unification des programmes nationaux et internationaux de gestion de la faune.

L'élaboration du plan nord-américain de gestion de la sauvagine et de plans particuliers pour les T.N.-O. nécessitera une consultation publique auprès des personnes intéressées. Ces plans permettront d'assurer qu'on tient suffisamment compte de la sauvagine et de son habitat lors de la planification du développement des terres du Nord.

La gestion de la sauvagine ne peut réussir qu'avec la participation de tous les habitants intéressés et la représentation de toutes leurs opinions. L'appui et la participation des autochtones qui chassent pour subvenir à leurs besoins sont particulièrement importants. Ces personnes peuvent contribuer aux activités de recherches et de gestion de nombreuses façons; ce sont ces façons qu'ont étudié Cournoyea et Bromley (1986). Les chasseurs sportifs doivent reconnaître et comprendre la chasse de subsistance. Inversement, les chasseurs de subsistance doivent réaliser l'importance de la chasse sportive. Il existe aujourd'hui dans le Nord de nombreux organismes gouvernementaux chargés d'obtenir la participation des autochtones. Il faudra également tenir compte des intérêts des non-autochtones pour s'assurer de leur participation tout au long de l'élaboration des nouvelles orientations qu'on donne à la gestion en matière de

protection de la sauvagine. Les défis de la gestion des ressources renouvelables resteront présents tout au long des changements politiques et sociaux des prochaines années dans le Nord. Aucune autre ressource n'est aussi migratoire que la sauvagine; il nous faut donc discuter et négocier avec nos voisins du sud, de l'est et de l'ouest. Je suis certain que les Nordistes sauront relever les défis qui se posent à eux.

Robert G. Bromley est écologiste spécialisé dans la sauvagine au ministère des Ressources renouvelables, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife, T.N.-O.

REMERCIEMENTS

Je remercie Bruce Stephenson et Kevin Lloyd pour leurs critiques, ainsi que Alison Welch pour ses judicieux commentaires de rédaction sur le manuscrit. Les réviseurs W.G. Alliston et C.S. Houston et un relecteur qui a préféré garder l'anonymat m'ont donné des critiques constructives sur le manuscrit. Les photographies m'ont été fournies par Sam Barry (cygne siffleur, petite oie blanche et canard kakawi), Bob Ferguson (canard roux) et Richard Popko (bernache cravant). Francis Jackson a dessiné la carte de l'Amérique du Nord. Je tiens également à remercier Ellen Christensen pour m'avoir aidé à rédiger cet article.

BIBLIOGRAPHIE

BACK, George
1970, *Narrative of the Arctic Land Expedition*, Edmonton, Hurtig.

BARRY, T.W.
The use of birds by natives in the Mackenzie Delta Region, en préparation, Service canadien de la faune, Edmonton.

BELLROSE, F.C.
1980, *Ducks, geese and swans of North America*, Stackpole, Harrisburg, Pennsylvania.

COOCH, F.G.
1966, The numbers of nesting northern eiders on the West Foxe Islands, N.W.T. in 1956 and 1976, dans *Eider ducks in Canada*, édité par A. Reed, pp. 114-118, Série de rapports n°47 du Service canadien de la faune.

Sans date, Observations on the status of wildlife, Cape Dorset, N.W.T., July 31-August 8, 1981 and Ivugyvik, Quebec, August 9-12,1981, rapport non publié, Service canadien de la faune, Ottawa.

COURNOYEA, N.J. et R.G. BROMLEY
1986. The role of native people in waterfowl management in Canada, dans *Tanscript of North American Wildlife and Natural Resource Conference* 51, pp 507-510, Reno, Nevada.

DIRKSEN, D.V., et W.D. ELDRIDGE
1980, Drought displacement of pintails to the arctic coastal plain, Alaska, *Journal of Wildlife Management* n° 44, pp 224-229.

DONALDSON, J.
1984, *1982 wildlife harvest statistics for the Baffin Region, Northwest Territories*, Association des Inuit de la région de Baffin, rapport technique n°2, Frobisher Bay (Iqaluit), Association des Inuit de la région de Baffin. 1983,

1983, *1981 wildlife harvest statistics for the Baffin Region, Northwest Territories*, Association des Inuit de la région de Baffin, rapport technique n°1, Frobisher Bay (Iqaluit), Association des Inuit de la région de Baffin.

ENVIRONNEMENT CANADA ET DÉPARTEMENT DE L'INTÉRIEUR DES ÉTATS-UNIS
1985, *Plan nord-américain de gestion de la sauvagine (ébauche)*, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada.

FILION, F.L.
1978, Demographic/socio-economic characteristics of holders of Canada migratory bird hunting permits, dans *Migratiry game bird hunters and hunting in Canada*, édité par H. Boyd et G.H. Finney, pp 42-51, Rapport n°43 du Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

_____ et S.A.D. PARKER
1984, *Dimension humaine de la chasse aux oiseaux-gibier migrateurs au Canada*, publication hors-série n°51 du Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

GAMBLE, R.L.
1984, *A preliminary study of the native harvest of wildlife in the Keewatin Region, Northwest Territories*, rapport technique n°1282 du service des sciences halieutiques et aquatiques, Winnipeg, ministère des Pêches et des Océans du Canada.

HANSEN, H.A. et D.E. McKNIGHT
1964, Emigration of drought-displaced ducks to the Arctic, dans *Transcript of North American Wildlife and Natural Resources Conference* n°29, pp. 119-127.

HEARNE, Samuel
1795, *Journey to the northern ocean*, Straham and Cadell, Londres.

KLEIN, D.R.
1966, Waterfowl in the economy of the Eskimos on the Yukon-Kuskokwia Delta, Alaska, *Arctic* n°19, pp. 319-336.

MACAULEY, A.J. et D.A. BOAG
1979, Waterfowl harvest by Slave Indians in northern Alberta, *Arctic* n° 27, pp.15-26.

MACKENZIE, Alexander
1801, *Voyages from Montreal to the frozen and Pacific Oceans in the years 1789 and 1793*, Noble, Londres.

McCORMICK, K.G. et L.J. SHANDRUK
1986, A survey of trumpeter swans and their habitat in Mackenzie District, N.W.T., rapport non publié, Service canadien de la faune, Yellowknife.

McEACHERN, J.
1978, *A survey of resource harvesting, Eskimo Point, N.W.T., 1975-1977*, rédigé pour le projet Polar Gas par la firme Quest Socio-Economic Consultants Inc. de Delta, C.-B.

MINISTERE DE L'INFORMATION DES TERRITOIRES DU NORD-OUEST
1986, Tableaux de projections démographiques pour les populations humaines dans les Territoires du Nord-Ouest par région et ethnie, fichiers informatiques non publiés, gouvernement des Territoires du Nord- Ouest, Yellowknife.

MIINISTERE DES RESSOURCES RENOUVELABLES DES TERRITOIRES DU NORD-OUEST ET SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE
1984, *Draft NWT waterfowl action plan*, Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest et Gouvernement du Canada.

MINISTERE DES RESSOURCES RENOUVELABLES DES TERRITOIRES DU NORD-OUEST ET ASSOCIATION DES CHASSEURS ET TRAPPEURS DE KITIKMEOT

1985, Summary of harvest data by community, rapport non publié, Cambridge Bay, T.N.-O.

NOVAKOWSKI, N.S.

1966, *Whooping crane population dynamics on the nesting grounds, Wood Buffalo National Park, Forth Smith, Northwest Territories, Canada*, série de rapport n°1 du Service canadien de la faune, Ottawa.

RAVELING, D.G.

1983, Geese and hunters of Alaska's Yukon Delta: management problems and political dilemmas, dans *Transcript of North American Wildlife Natural Resource Conference* 45, pp. 555-575.

ROSS, Sir John

1835, *Second voyage in search of a Northwest Passage*, A.W. Webster, Londres.

SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE

1984, Summary of the 1983-1984 waterfowl hunting season results an estimates, *Cahiers de biologie*, Service canadien de la faune, Ottawa.

SCOTT, P.

1972, *A coloured key to the wildlife of the world*, W.R. Royle and Son, Londres.

SMITH, R.I.

1970, Response of pintail breeding populations to drought, *Journal of Wildlife Management* 34, pp 943-946.

DOCUMENTS HORS SÉRIE DU CENTRE DU PATRIMOINE SEPTENTRIONAL PRINCE DE GALLES N°3 (1988) P. 69 - 85

CLIMAT, VÉGÉTATION ET RESSOURCES DANS LE SUD DE L'ILE DE BAFFIN

John D. Jacobs

RÉSUMÉ

Les trois principales zones de végétation de l'Arctique canadien sont représentées sur l'île de Baffin. La majeure partie du sud de l'île est généralement désignée «subarctique», ce qui signifie que la végétation y est suffisamment abondante pour nourrir des animaux comme le caribou. Cependant, un examen plus approfondi révèle que la végétation de la région est loin d'être homogène. Ce qu'on croyait être une ceinture subarctique n'est en fait que quelques îlots subarctiques dispersés au milieu de communautés végétales hémiarctiques ou arctiques.

Malgré leur petitesse, les régions subarctiques de l'île sont importantes tant sur le plan écologique qu'économique. De plus, des signes nous portent à croire qu'elles avaient une plus grande superficie par le passé.

D'après le pollen fossilisé trouvé dans le sud et l'est de l'île de Baffin, la végétation y était plus abondante et le climat plus chaud et plus humide. Selon les archéologues, les Inuit de la préhistoire fréquentaient souvent les régions intérieures pendant ces périodes plus douces.

Le climat du sud de l'île continue de changer. En étudiant les relations passées et présentes entre le climat, la végétation et la culture, nous pouvons mieux nous préparer à ces changements.

INTRODUCTION

Les botanistes et les biogéographes reconnaissent qu'il existe trois zones de végétation distinctes dans l'Arctique canadien. En 1950, A.E. Porsild a établi une classification fondée sur les formations végétales caractéristiques ou dominantes dans chaque région (Porsild, 1958). Comme l'indique l'Atlas national du Canada (Énergie, Mines et Ressources, 1974), les régions de Porsild sont les suivantes: 1) toundra arctique avec arbustes nains-carex-lichen; 2) toundra rocheuse arctique avec lichen, et 3) désert de rocs ou champs de pierres.

La division qui précède correspond en général aux autres classifications du Subarctique, de l'Hémiarctique et de l'Arctique, dont celle de Polunin (1951,1960), qui divise tout l'Arctique circumpolaire. La figure 1 montre les régions en question sur une carte de l'Arctique canadien.

Figure 1
Zones bioclimatiques de l' \rctique canadien (selon Polunin, 1960, et Edlund, 1984).

Plus on avance vers le nord, plus le couvert végétal arctique s'éclaircit et le nombre d'espèces diminue. Mais bien qu'il y ait des différences marquées entre les zones, les lignes qui les séparent sont généralement graduelles et tout aussi floues que la «ligne d'arborescence», qui constitue en fait une zone de transition (écotone) large de plusieurs kilomètres. Il existe, à l'intérieur de ces trois grandes régions, d'autres subdivisions, comme Edlund (1983) l'a indiqué sur des cartes de l'Arctique. Ces zones correspondent aux gradients climatiques, tout comme la ligne d'arborescence septentrionale correspond en gros à l'isotherme 10°C de juillet. On les appelle régions ou zones bioclimatiques.

D'autres facteurs que le climat peuvent influer sur la distribution des plantes. De nombreuses espèces arctiques tolèrent une grande diversité de sols, mais on a montré que la géologie de surface influence leur distribution (Edlund 1983, 1984). Il n'est pas sage d'extrapoler aux régions de végétation les seules donnée climatiques régionales (généralement inadéquates). Selon une carte de la végétation de Bliss (1977, figure 2) tout le centre-sud de l'île de Baffin est un «désert polaire», mais il en est tout autrement selon notre expérience sur le terrain.

Bien que la division bioclimatique de l'Arctique constitue un sujet passionnant en elle-même, elle ne touche pas uniquement la distribution des plantes. Les plantes, à titre de principaux producteurs, forment le premier maillon de la chaîne alimentaire, et l'abondance et le genre de végétation dans une région déterminent combien d'animaux elle peut nourrir. La productivité de base du Subarctique est environ 10 fois supérieure à celle de l'Arctique (Wielogalaski et al., 1981); la toundra subarctique peut nourrir environ un caribou par kilomètre carré.

Comme les Nordistes se nourrissent traditionnellement de la chasse aux animaux et aux oiseaux de la région, et parfois des plantes, il existe un lien entre la végétation et l'établissement de l'homme dans l'Arctique.

LA GÉOGRAPHIE VÉGÉTALE DU SUD DE L'ILE DE BAFFIN

La région subarctique du Canada se limite au continent, à l'exception des îles du sud de Banks, de Victoria et de Baffin. La figure 2 montre une vue grossie de la zone subarctique sur l'île de Baffin, les limites de la carte de Porsild (1958) ayant été modifiées pour tenir compte de nos observations.

Bien que cette région grossièrement triangulaire couvre plus de 150 000 km 2 (une région de la taille de Terre-Neuve), elle ne représente qu'environ 30 % de la superficie totale de l'île de Baffin. La limite de zone indique uniquement la région où pousse une végétation subarctique; on trouve généralement une végétation plus pauvre à l'extérieur de ces limites. On trouve à l'intérieur une multitude de petites régions renfermant différentes formations végétales d'une abondance variée.

Comme la recherche portait sur cette région, nous avons tenté de répondre à un certain nombre de questions. Comment se définit le Subarctique sur l'île de Baffin? Quelle est l'étendue de la végétation subarctique réelle sur l'île de Baffin? Comment cette végétation a-t-elle évolué avec le temps, et comment des changements sont-ils reliés aux changements du climat? Quels liens y a-t-il

Figure 2
Sud de l'île de Baffin et environs, indiquant les limites de la zone bioclimatique du Subarctique.

entre les zones de végétation et les modes traditionnels d'utilisation des terres des Inuit?

Nous n'avons pas la prétention de répondre à ces questions une fois pour toutes dans cet article; trop de recherche reste encore à faire.

Formations végétales

Bien loin d'être une toundra ou une plaine sans arbres, le paysage du sud de l'île de Baffin est varié et complexe. Les éminences sont pour la plupart inférieures à 1 000 mètres, et le pergélisol est probablement présent dans toute la région. La profondeur du dégel saisonnier (couche active) varie de quelques centimètres dans le terrain humide à près de deux mètres dans les sols grossiers et bien drainés.

On trouve de nombreux habitats pouvant supporter différentes espèces végétales dans les collines, les vallées et les plaines littorales de l'île. Les microclimats et l'état du sol varient beaucoup: en été, la température peut varier de plusieurs degrés entre les versants sud et nord d'une même colline. De même, l'air peut être sec ou chargé d'humidité. Ces microconditions se reflètent sur la végétation. Dans chaque zone bioclimatique, la végétation des lieux ayant des microclimats similaires se ressemble. Ce genre de formations végétales servent à définir une région de végétation et ses subdivisions.

Aux fins du présent article, on entend par toundra un terrain sans arbre mais non dénué de végétation, par comparaison aux terrains dénudés et aux déserts polaires où moins de la moitié du terrain supporte des plantes évoluées. La toundra sub-arctique la plus riche est la sous-zone arbustive, caractérisée par des bouleaux et des saules nains qui n'atteignent pas plus d'un demi mètre de haut, quoique dans des cas exceptionnels ils puissent dépasser deux mètres (Soper, 1936). Sur l'île de Baffin, le couvert d'arbustes est presque toujours clairsemé dans les régions éloignées. Les arbustes tendent à mieux pousser dans les endroits protégés; dans de légères dépressions ou au bas du versant sud des collines. Les congères les protègent du froid hivernal et des vents mordants et maintiennent le sol humide pendant l'été (figure 3).

On y trouve aussi d'autres plantes ligneuses et herbages, notamment des herbes, des graminées, du carex, des joncs, des mousses et des lichens. Dans les plaines littorales découvertes et sur les pentes peu élevées en basse altitude existe une formation toundra-lande composée de diverses plantes, notamment la cassiope tétragone, le thé du Labrador, l'airelle des marécages, le bleuet vigne d'Ida et d'autres plantes ligneuses, comme des saules et bouleaux rabougris, et de nombreuses autres (figure 4).

La toundra avec herbe et carex domine dans les régions exposées, en particulier là où la couche de neige hivernale est mince et où le sol devient sec au milieu de l'été. On n'y trouve que les plantes ligneuses les plus résistantes, mais les lichens et les mousses y abondent (figure 5). Dans les basses terres mal drainées où l'humidité est élevée pendant tout l'été, les herbes cèdent la place à une prairie de toundra humide où le carex (dont la linaigrette du Canada), les graminées et les mousses prospèrent.

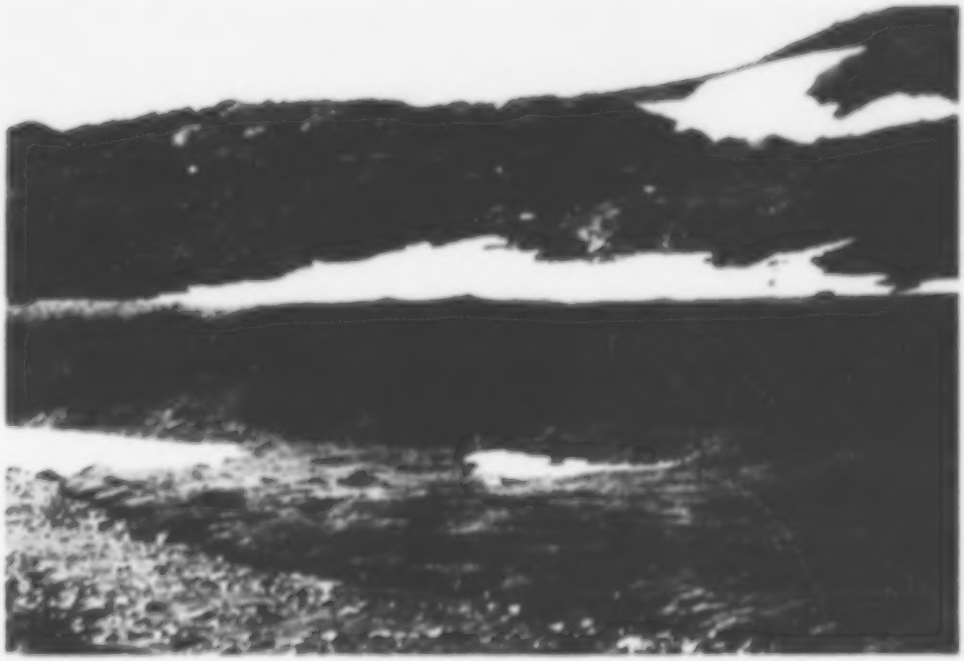

Figure 3
Formation épaisse d'arbustes, de bouleaux et de saules dans une pente enneigée sous le vent.

Figure 4
Cassiopée et autres plantes connexes composant la végétation de la toundra-lande.

Figure 5
Toundra carex-herbe avec beaucoup d'herbages et de lichens, mais peu de plantes ligneuses et aucun arbuste.

Figure 6
Hautes terres avec une formation de lichens-carex sur des collines et des versants rocheux.

Les hautes terres supportent généralement une végétation plus pauvre et moins variée. L'altitude joue un rôle déterminant; J.D. Soper a défini des zones verticales distinctes dans le sud de l'île de Baffin. Le nombre d'espèces et la densité de la couverture de plantes vasculaires diminuent avec l'altitude, tandis que la proportion de lichens augmente (figure 6). On peut encore y trouver des graminées, du carex, des saules nains, des dryades à feuilles entières, du pavot d'Islande et du saxifrage à feuilles opposées, mais à plus de 300 m, le couvert végétal n'est plus continu (Soper, 1936).

D'autres types de formations végétales et de paysages moins importants existent dans la région subarctique. Mais partout, la proportion de plantes ligneuses diminue à mesure que les conditions deviennent plus rigoureuses, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus que les mousses et les lichens les plus résistants.

L'étendue de la toundra subarctique

La région catégorisée par Porsild comme la «toundra arctique avec arbustes nains, carex et lichens» peut être considérée comme le Subarctique. De même, sa «toundra rocheuses arctique avec lichen» correspond à l'Hémiarctique, et le «désert de rocs» à l'Arctique. Mais dans la région désignée comme le Subarctique dans la figure 2, nous avons en fait trouvé des éléments des trois régions.

Il n'y a pas de diminution latitudinale générale des éléments du Subarctique. La toundra avec arbustes est une formation plus fréquente à la tête de la baie de Frobisher qu'au sud-est du détroit de David, mais elle est également présente de façon restreinte près de Pangnirtung et même sur la rive sud du lac Nettilling. Les proportions relatives de la végétation la plus riche diminuent près de la limite nord de la région. La plus grande partie des basses terres entourant le lac Nettilling, par exemple, est constituée de toundras-landes appauvries, de prairies de carex et de terrains dénudés, mais la productivité générale permet encore de supporter un grand nombre d'animaux (figure 7).

On peut évaluer de plusieurs façons l'étendue actuelle de la végétation subarctique de l'île de Baffin. Avec le critère de Soper (1936), on risque d'exclure toutes les régions situées à plus de 300 m au-dessus du niveau de la mer, soit environ la moitié de la superficie du sud de l'île de Baffin. D'autres raisons que le climat peuvent expliquer la maigre couverture végétale du reste de l'île, comme la présence d'une épaisse couche de sédiments grossiers laissés par les glaciers sur une bonne partie du sud de l'île.

Certaines espèces de plantes, comme le bouleau nain, à la limite de leur aire de distribution septentrionale et par conséquent sensibles aux conditions climatiques, peuvent également servir à déterminer l'étendue de la zone subarctique. Sa distribution dans le sud de l'île de Baffin est bien établie (Jacobs et al., 1985), mais des populations périphériques ou disjointes survivent au-delà de la limite du Subarctique (tel que défini par d'autres critères), et brouillent le tableau.

Les animaux modifient la végétation en broutant; ainsi les levés effectués dans les endroits où ils se rassemblent, comme près des gués, peuvent ne pas représenter fidèlement la végétation d'une région. De même, certaines plantes peuvent être rares près des habitations parce qu'elles servent de combustible. Par contre, l'enrichissement des sols par les déchets humains et

Figure 7
Plaines intérieures près du lac Nettilling avec une formation de lichens-herbes sur des terrains élevés et bien drainés, et près de carex dans des terrains marécageux en contrebas. Important habitat estival pour le caribou.

les restes d'animaux peuvent donner lieu à une abondance inhabituelle de certaines plantes. Ceci explique pourquoi les levés locaux, en particulier ceux effectués près des hameaux, ne constituent pas un moyen efficace pour déterminer avec précision les modèles de végétation d'une région.

La télédétection est une autre façon de cartographier la végétation. Grâce aux données sur la densité du couvert végétal obtenues par satellite, on a découvert que même la région relativement favorable des plaines littorales près de l'amont de la baie de Frobisher n'est subarctique qu'à 20 p. 100 (Jacobs et Stenton, 1985). Il semble que la véritable superficie de la zone subarctique dans le sud de l'île de Baffin ne soit que de 15 000 km ^{2}, soit environ un dixième de la surface indiquée dans la figure 2. Des recherches plus approfondies permettront de préciser ces estimations.

Les changements au fil du temps

Le climat change constamment, et c'est dans l'Arctique que c'est le plus évident. Des études ont montré les effets des changements climatiques au cours de plusieurs milliers d'années. Ils influencent la végétation, la productivité du sol et finalement l'approvisionnement en nourriture pour l'homme.

On peut déduire les climats antérieurs en reconstituant la végétation du passé. Les graines de pollen sont pratiquement indestructibles; et celles qui ont été enterrées dans les sédiments témoignent des changements qui se sont produits dans la végétation et, par induction, dans le climat. La figure 8 montre un exemple de diagramme pollinique illustrant les formations végétales à des niveaux successifs.

Un échantillon de sol pris dans la face d'une falaise près d'Iqaluit (Frobisher Bay) révèle une transition importante survenue il y a environ 1 700 ans, d'une toundra-lande relativement dense à une toundra dominée par les graminées. Nous croyons que c'est là le résultat du rafraîchissement et de l'assèchement des étés. Bien que des éléments de la toundra avec arbustes soient encore assez fréquents dans la région de la baie de Frobisher, on peut affirmer que ni la végétation ni le climat ne sont redevenus ce qu'ils étaient il y a deux ou trois mille ans (Short et Jacobs, 1982).

Comme l'interprétation du pollen fossilisé laisse encore des incertitudes, il faut recueillir de nombreux spécimens polliniques aux fins de comparaison. La figure 9 regroupe les courbes de températures estivales tracées d'après l'analyse statistique de spécimens polliniques prélevés à huit endroits du sud et de l'est de l'île de Baffin (Short et al., 1985). On a évalué les températures en comparant les relations entre le climat d'aujourd'hui et le pollen récent extrait des amas de mousses et de lichens qui agissent comme échantillonneurs naturels de la «pluie» de pollen. Plutôt que de reproduire toutes les courbes, nous avons simplement tracé quelques extrêmes et dégagé une tendance générale. Cette tendance est conservatrice, car il existe de grandes divergences entre les spécimens qui ne peuvent raisonnablement s'expliquer uniquement par des différences de climat dans la région à un moment donné, selon les gradients climatiques actuels.

La différence réelle de température dans la région peut avoir atteint 3°C entre la température postglaciaire maximale il y a 5 000 ans et celle de la période

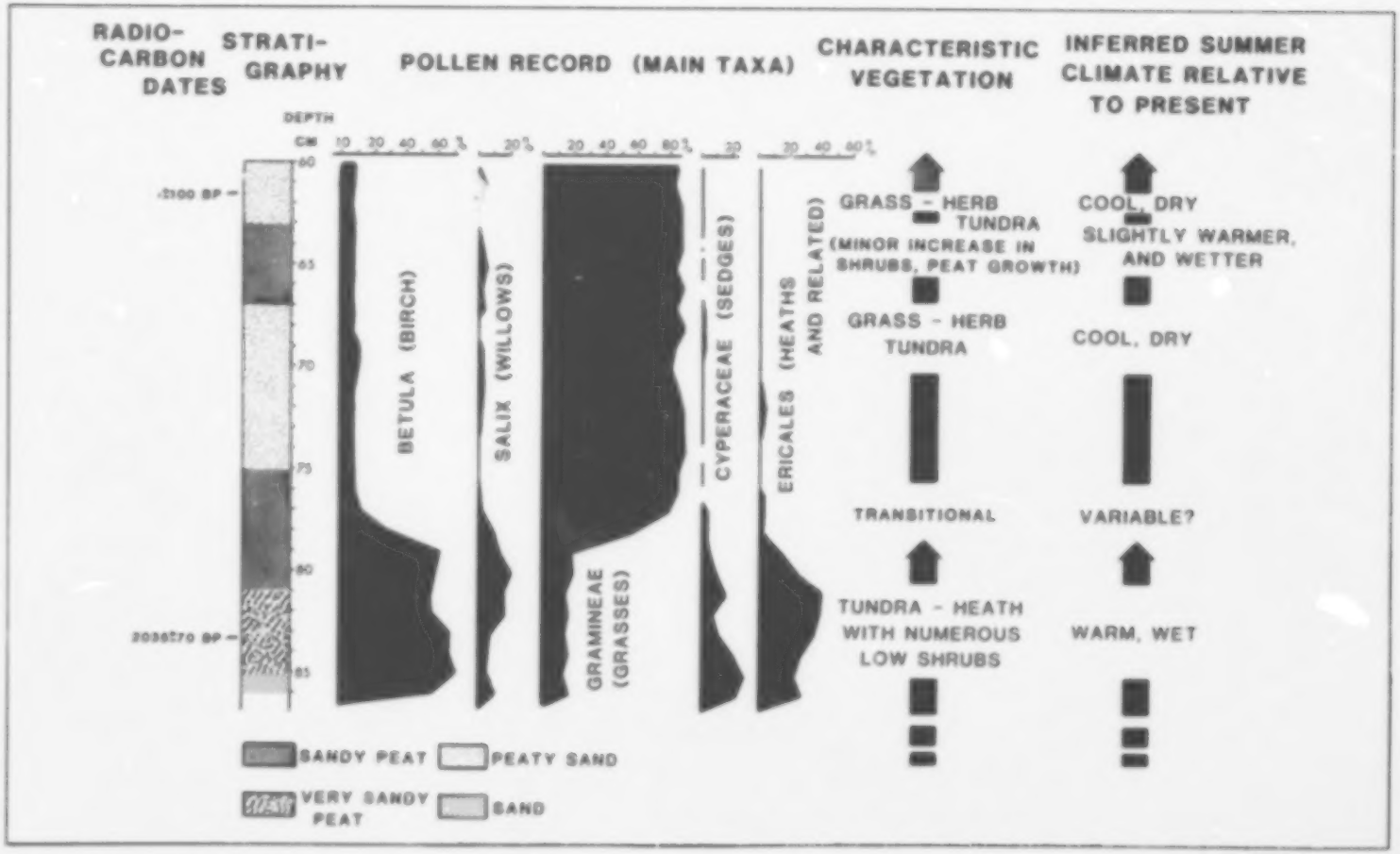

Figure 8
Diagramme pollinique provenant de la baie de Burton, près de la baie de Frobisher, et végétation qu'on en dégage. Dates et années antérieures à notre ère (B.P.) (selon Short et Jacobs, 1982).

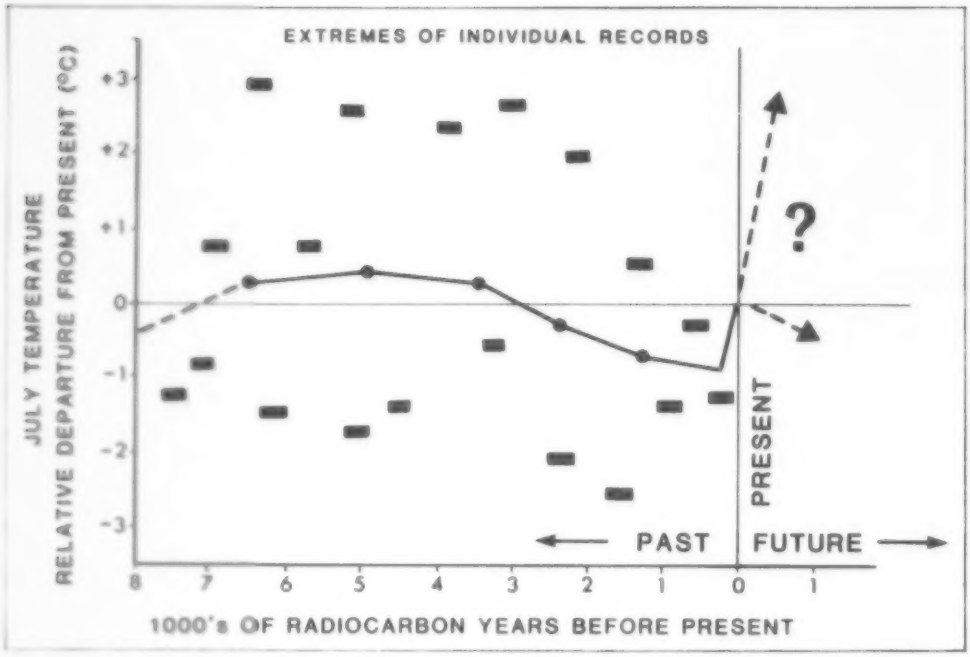

Figure 9
Regroupement des températures estivales évaluées grâce à l'analyse de spécimens de pollen prélevés dans sept endroits du sud et de l'est de l'île de Baffin (selon Short *et al.*, 1985).

Figure 10
Preuve de l'utilisation continue de l'intérieur de l'île de Baffin par les Inuits de la préhistoire. Habitation automne-hiver semi-souterrainne caractéristique de la culture Thule sur la rive du lac Nettilling.

généralement plus froide de la petite ère glaciaire qu'a connue le nord de l'Europe et d'autres contrées entre le XVII e et le XIX e siècle (Lamb, 1982).

À l'aide de données actuelles pour la région, on peut voir en prolongeant la courbe jusqu'à nos jours qu'il y a eu une remontée notable de la température jusqu'au milieu du siècle. Il y a eu ensuite quelques indications d'un nouveau refroidissement depuis les années 1960. Ce refroidissement s'inscrit dans le modèle cyclique des températures révélé par les carottes extraites des calottes glaciaires. Selon l'analyse de ces carottes, il faudrait s'attendre à un retour des conditions glaciaires, s'il n'en tenait que de l'évolution naturelle (Dansgaard et al., 1975).

Il faut tenir compte d'autres facteurs lorsqu'on tente de prédire le climat. En étudiant des modèles mathématiques encore imprécis, de nombreux scientifiques ont conclu qu'un réchauffement appréciable est inévitable au cours des prochaines décennies - peut-être jusqu'à 3°C d'ici le milieu du XXI e siècle. Ce réchauffement, appelé «effet de serre», est attribué à l'excès de bioxyde de carbone dans l'atmosphère (Canadian Climate Centre, 1986). Comme le montre la figure 9, un tel réchauffement ramènerait les températures à ce qu'elles étaient il y a 5 000 ans, et un changement important se produirait sans doute dans la végétation de la région. S'il y avait suffisamment d'humidité, ce réchauffement pourrait entraîner l'expansion de la toundra avec arbustes dans le sud de l'île de Baffin et peut-être permettre aux arbustes et aux arbres subarctiques de croître. Cela pourrait donner lieu à une steppe froide ou à une prairie herbeuse si le climat était plus sec.

L'homme et les ressources naturelles

Selon de récentes études sur l'exploitation des ressources fauniques dans la région de Baffin (Pattimore, 1985), les Inuit tirent environ trois fois plus de viande de la mer que de la terre. Les otaries, les morses et les baleines constituent le gros de leur récolte marine, tandis que le caribou est leur principale proie terrestre.

La chasse au caribou occupe une place importante dans le cycle saisonnier des activités de subsistance. En 1982, les quatre collectivités du sud de l'île de Baffin (Iqaluit, Cap Dorset, Lake Harbour et Pangnirtung) ont abattu 5 293 caribous (Pattimore, 1985). La récolte totale de mammifères terrestres et marins, de poissons et de sauvagine avait alors une valeur calorique potentielle de 1 600 Kcal par personne par jour, soit environ 60 p. 100 des besoins de la population de la région, qui se chiffre à environ 4 400 personnes. Selon les archéologues, le rapport caribous/mammifères marins était plus grand par le passé, en particulier aux époques où le climat était doux. Lorsque la faune était plus abondante sur terre et peut-être moins accessible en mer, les habitants de la préhistoire consacraient plus de temps à la chasse terrestre, s'adaptant ainsi aux changements environnementaux (Jacobs et Stenton, 1985).

Douglas Stenton, candidat au doctorat en archéologie à l'Université de l'Alberta, a effectué en 1984, 1985 et 1986 des études qui confirment la présence d'importantes colonies Thule au lac Nettiling (figure 10). Il a également mis au jour des artefacts des cultures pré-dorset et dorset. Les hommes du pré-dorset étaient les premiers habitants de l'île de Baffin, où ils sont arrivés il y a près de 4 000 ans (Maxwell, 1985). Ils chassaient à la fois sur la côte et à l'intérieur des terres. Dans un site archéologique près du lac Nettilling, nous avons trouvé sous

une couche de mousse des artefacts du pré-dorset datant, selon le test de radiocarbone, de 2 815 ans ± 65 ans, (S-2780). Il y a environ 2 500 ans, leurs descendants, de la culture dorset, se sont adaptés à un climat plus frais en développant des techniques de chasse sur glace plus efficaces. Ils chassaient encore le caribou dans l'intérieur, et ils y ont laissé des traces.

Il y a moins de mille ans, les hommes du Thule sont arrivés dans le sud de l'île de Baffin. Bien préparés à exploiter les ressources de la côte et de l'intérieur, ils ont adopté un cycle saisonnier complexe de migration et de techniques de chasse qui s'est perpétué jusqu'à nos jours.

Bien que les fouilles archéologiques aient à peine commencé, o distingue déjà une exploitation importante de l'intérieur et des côtes de la zone subarctique de l'île de Baffin qui s'échelonnait parfois sur toute l'année.

CONCLUSION

La zone subarctique de l'île de Baffin est loin d'être uniforme. Elle recèle plutôt une grande diversité de formations végétales représentant un large éventail d'habitats élémentaires. Avec le temps, le climat et la végétation ont changé, et ils continueront de le faire. Conséquemment, la populat .n de caribous et des autres animaux a augmenté ou diminué. Depuis les quelque 4 000 dernières années, l'homme fait partie de cet écosystème dynamique. Tant que les Inuit de la région choisiront de vivre de la chasse, cette riche région subarctique saura satisfaire leurs besoins. C'est en continuant d'étudier les systèmes microclimatiques antérieurs de l'île de Baffin que nous pourrons mieux nous préparer aux changements à venir.

John D. Jacobs est professeur à la faculté de géographie de l'Université de Windsor, Ontario.

REMERCIEMENTS

De nombreux amis et collègues m'ont aidé dans mes recherches dans le sud de l'île de Baffin, et je leur en suis reconnaissant. J'espère que les résultats de mes recherches auront une valeur aux yeux de mes amis du Nord. Je suis reconnaissant au laboratoire d'Iqaluit des Affaires indiennes et du Nord Canada pour le soutien logistique qu'il m'a apporté, ainsi qu'au Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie et au comité de recherches de l'Université de Windsor pour leur aide financière.

BIBLIOGRAPHIE

BLISS, L.C., éd.
1977, *Truelove Lowland, Devon Island, Canada: A High Arctic Ecosystem*. Edmonton, Presses de l'Université de l'Alberta.

CANADIAN CLIMATE CENTRE
1986, *Understanding CO 2 and Climate*, Atmospheric Environment Service, Downsview.

DANSGAARD, W., S.J. JOHNSON, H.B. CLAUSEN et C.C. LANGWAY fils.
1975, Speculations about the next glaciation, *Quaternary Research* n°2, pp. 396-398.

EDLUND, S.A.
1984, High Arctic plants: new limites emerge, *Geos* n°13(1), pp. 10-1

1983, Bioclimatic sonation in a High Arctic region: Central Queen Elizabeth Islands, *Current research, partie A*, Geological Survey of Canada Paper n°83-1A, pp 381-390.

ÉNERGIE, MINES ET RESSOURCES CANADA
1974, *L'Atlas national du Canada*, 4 e éd., Ottawa, Approvisionnements et Services Canada.

JACOBS, J.D., W.N. MODE et E.K. DOWDESWELL
1985, Contemporary pollen deposition and the distribution of *Betula glanudlosa* at the limit of Low Arctic tundra in southern Baffin Island, *Arctic and Alpine Research* n°17(3), pp 279-287

_____ et D.R. Stenton
1985, Environment, ressources and prehistoric settlement in upper Frobisher Bay, Baffin Island, *Arctic Anthropology* n°22(2), pp. 59-76.

LAMB, H.H.
1982, *Climate, history and the modern world*, Methuen, Londres.

MAXWELL, M.S.
1985, *Prehistory of the Eastern Arctic*, Academic Press, Orlando.

PATTIMORE, J.W.
1985, *Inuit wildlife harvest for 1984 in the Baffin region*, Frobisher Bay (Iqaluit): Baffin Region Inuit Association.

POLUNIN, Nicholas
1960, Introduction to plant geography, Longman, Londres;

1951, The real Arctic: some suggestions for its delimitation, subdivision and characterization, *Journal of Ecology* n°39, pp 308-315.

PORSILD, A.E.
1958, Geographical distribution of some elements in the flora of Canada, Geographical Bulletin n°11, pp 57-77.

SHORT, S.K. et J.D. JACOBS
1982, A 1,100 year paleoclimatic record from Burton Bay-tarr Inlet, Baffin Island. *Canadian Journal of Earth Sciences* n°19(3). pp. 398-409.

SHORT, S.K. et W.N. MODE et P.T. DAVIS

1985, The Holcene pollen record from Baffin Island: modern and fossil studies, dans *Quarternary environments: eastern Canadian Arctic, Baffin Bay a nd western Groenland*, édité par J.T. Andres, pp. 608-642, Allen and Unwin, Boston.

SOPPER, J.D.
1936, The Lake Harbour region, Baffin Island. *Geographical Review* n°26(3). p. 435.

WIELGOLASKI, F.E., L.C. BLISS J. SVOBODA et G. DOYLE
1981, Primary production of tundra, dans *Tundra ecosystems: a c omparative analysis*, édité par L.C Bliss, O.W. Heal et J.J. Moore, pp. 397-483, Presses de l'Université de Cambridge, Cambridge.

DOCUMENTS HORS SÉRIE DU CENTRE DU PATRIMOINE SEPTENTRIONAL PRINCE DE GALLES N°3 (1988) P. 87 - 105

LA CULTURE DANS LE NORD: LES POSSIBILITÉS DE L'AGRO-ALIMENTAIRE À PETITE ÉCHELLE DANS L'ARCTIQUE CANADIEN

W. Raymond Cummins, Bonnie M. Bergsma,
Mark J. Romer et Josef Svoboda

RÉSUMÉ

La production agro-alimentaire de haute technologie à grande échelle dans l'Arctique canadien n'est pas réaliste aujourd'hui ni dans un avenir prévisible. Ses coûts astronomiques en matériel, en énergie et en savoir-faire ne peuvent être récupérés dans les petits marchés que représentent les villages épars du nord. Cependant, la culture potagère saisonnière à petite échelle peut employer économiquement les ressources humaines, matérielles et énergétiques de la région et produire une récolte importante, sans parler de la satisfaction personnelle du jardinier.

Voilà la conclusion à laquelle sont arrivés les auteurs du présent article après que deux stations de recherches expérimentales, exploitées de 1981 à 1984 à Rankin Inlet (63°N) et à Alexandra Fiord sur l'île d'Ellesmere (79°N), aient mis à l'essai avec succès des méthodes pour cultiver des plantes indigènes de la toundra et une grande variété de produits «maraîchers» communs. Les carrés de légumes verts de nos serres, spécialement conçues et chauffées à l'énergie solaire, ont poussé dans un terreau de sable, de mousse et de sédiments lacustres de la région. Les produits de la récolte se sont révélés beaucoup moins chers que les légumes importés; ils avaient une valeur nutritive supérieure et une meilleure apparence à cause de leur fraîcheur.

La production agro-alimentaire en serre à petite échelle est à la fois réalisable et économique dans l'Arctique canadien, et elle offre de nombreuses possibilités aux entrepreneurs de la région.

INTRODUCTION

Perspective historique

L'Arctique canadien couvre plusieurs millions d'hectares de terrains en majorité impropres à l'agriculture traditionnelle. Les sols sont pauvres, sauf dans les vallées, car les anciens glaciers ont emporté avec eux la couche arable

qui se rétablit peu à peu. L'enrichissement des sols est très lent à cause des basses températures, et les sols manquent par conséquent de phosphore et d'azote, deux éléments essentiels à la croissance des plantes. L'été extrêmement court de l'Arctique ne permet pas une croissance suffisante pour les cultures potagères traditionnelles.

Au Canada, l'agriculture septentrionale n'a été mise à l'essai, la plupart du temps, que dans les régions situées sous la ligne d'arborescence et dans les grandes vallées, où le climat est plus favorable et les sols plus riches en alluvions (Albright, 1933). Les hivers subarctiques sont néanmoins rigoureux, et le pergélisol est souvent présent. Afin de résoudre ce genre de problèmes particuliers à l'agriculture dans le nord, Agriculture Canada a établi ses premières stations de recherche septentrionales à Fort Simpson, dans les Territoires du Nord-Ouest (Agriculture Canada, 1954), et au mille 1019 de la route de l'Alaska, au Yukon (Agriculture Canada, 1965). Dans les années 50, le gouvernement a établi une autre station de recherche à Fort Chimo, dans le nord du Québec, (Hamilton, 1958) où on a mené avec un certain succès des expériences sur l'agriculture et l'élevage. Mais ces expériences ont été abandonnées à la fin des années 60, lorsque le gouvernement a décidé de ne plus encourager l'agriculture marginale au Canada et d'affecter ses ressources aux régions où l'agriculture était déjà établie afin d'en améliorer l'efficacité. L'agriculture moderne nécessite une grande infrastructure socio-économique. La stratégie actuelle du gouvernement semble être d'étendre lentement la production agro-alimentaire au nord des régions établies (Agriculture Canada. 1981; Beattie et al., 1981), tout en développant un réseau de transport et de mise en marché efficaces pour servir des nouveaux centres de production (Mackinnon, 1982).

L'agriculture traditionnelle ne convient peut-être pas à l'Arctique, mais la production agro-alimentaire à petite échelle dans la toundra remonte même jusqu'à l'époque de la chasse à la baleine et de l'exploration. Les capitaines de navires essayaient de combattre le scorbut en donnant à leur équipage des graines fraîchement germées (Webb, 1975). La Compagnie de la baie d'Hudson insistait pour que ses négociants dans le Nord soient autonomes; ces derniers cultivaient donc des potagers dans les postes et les forts le long des rives des baies de James et d'Hudson. Pendant de nombreuses années, des missionnaires ont essayé de cultiver de petits potagers dans la région de Keewatin avec un certain succès (Moodie, 1978).

Au cours des années 70, la culture en serre appuyée par le gouvernement, à Yellowknife, Sanikiluaq et Iqaluit (anciennement Frobisher Bay) a péricilité et finalement cessé. Ces entre- prises de culture en serre ont été éphémères, probablement à cause du manque d'expérience des exploitants. Leurs stratégies de mise en marché mal élaborées ont échoué en raison de frais d'immobilisations élevés et d'une technologie sujette aux ratées.

On a de bonnes raisons aujourd'hui pour encourager la production agro-alimentaire dans les collectivités éloignées. L'importation des aliments coûte très cher, et le régime alimentaire des habitants du Nord canadien s'est appauvri au cours des dernières années avec le remplacement des produits cultivés sur place par des aliments importés (souvent des aliments vides) dont la valeur nutritive varie beaucoup. Les aliments produits sur place sont à la fois frais et savoureux (figure 1 et 2), et le fait de pouvoir se les procurer plus facilement favoriserait des régimes plus sains.

La culture à petite échelle peut constituer un passe-temps agréable et même offrir des possibilités d'emploi. Elle peut aussi stimuler le commerce entre les hameaux.

Consommation de plantes indigènes de la toundra

Les habitants du Nord ont toujours complété leur alimentation avec des plantes indigènes (Angier, 1970; Walker, 1986). Nous avons recueilli à Rankin Inlet quelque 30 espèces de plantes servant à l'alimentation humaine. L'établissement de collectivités arctiques permanentes a eu pour résultat une diminution de la cueillette des plantes sauvages. Valeur nutritive des plantes indigènes. Les plantes comestibles de la toundra peuvent être groupées en trois catégories, selon la partie de la plante qui est consommée: les baies, les feuilles vertes et les racines et tiges. Quand on les analyses pour connaître leur teneur en vitamines et leurs qualités nutritives, les plantes de la toundra révèlent une teneur généralement élevée en vitamines C et A (Arnason et al., 1981; Turner, 1981). En fait, il semble que les plantes qui poussent dans le Nord contiennent plus de vitamine C que les mêmes espèces plus au sud (Rodahl, 1954).

TABLEAU 1

Quelques plantes indigènes poussant près de Rankin Inlet.

Nom commun	Nom vernaculaire	Nom scientifique
Baiescamarine	*paunaq*	*Empetrum nigrum*
airelle des marécages	*qisuktuq*	*Vaccinium uliginosum*
airelle vigne d'ida	*kiqutaarnak*	*Vaccinium vitis- idaea*
raisin d'ours	*kablaut*	*Actostaphylos rubra*
Racines et tiges		
carène	*atuq*	*Oxytropis bellii*
carène	*kiqiaaraq*	*Oxytropis maydelliana*
pédiculaire laineuse	*anguraq*	*Pedicularis lanata*
renouée	*Polygonum*	*viviparum*
racine de réglisse	*Hedysarum*	*alpinum*
Feuilles vertes		
oxirie de montagne	*simat*	*Oxyria digyna*
saxifrage penchée	*ninaraq*	*Saxifraga cernua*
pissenlit	*uksuktuk*	*Taraxacumjapponicum*

Nomenclature scientifique de Porsild et Cody (1980).

Figure 1
Endives et bettes à corde cultivées avec succès dans des serres, à Rankin Inlet.

Figure 2
Don Gordon montrant trois navets cultivés à Rankin Inlet.

EXPÉRIENCES SUR LA CULTURE DES PLANTES DE LA TOUNDRA

Culture des plantes

Jusqu'à présent, très peu de recherches ont été effectuées sur la culture des plantes de la toundra (Romer et al., 1981). Depuis 1979, cependant, nous les avons étudiées à Rankin Inlet et à Alexandra Fiord (figure 3); nous avons vérifié leur vitesse de croissance et leur production annuelle en créant des conditions plus favorables (Romer, 1983).

Nombre de plantes arctiques se propagent mal à partir de graines. Par contre, la plupart des plantes que nous avons transplantées ont survécu et ont passé l'hiver dans nos carrés, à Rankin Inlet (Romer et al., 1983; Romer, 1983).

Presque toutes les plantes de la toundra sont vivaces et ont une croissance très lente. Les plantes non ligneuses passent l'hiver au niveau du sol ou sous la couche arable après le dessèchement de leurs tiges et de leurs feuilles. Comme elles ne poussent pas haut, elles baignent dans l'air plus chaud et plus calme au ras du sol. Nous avons modifié le milieu de croissance en repiquant des plantes de la toundra dans de petites serres afin de vérifier si une augmentation de la température, atteignant en moyenne 10°C, ferait augmenter la taille des plantes et la production annuelle. Pour mesurer les effets d'un sol plus fertile, nous avons ajouté de l'engrais contenant du phosphore et de l'azote au terreau composé de mousse, de sable et de sédiments lacustres de la région.

Lorsqu'on transplante des plantes dans un milieu plus favorable, elles peuvent réagir de trois façons: certaines poussent plus vite, d'autres poussent au même rythme et d'autres encore poussent plus lentement que dans la toundra (figure 4). On assiste à une augmentation considérable de la croissance et du rendement chez certaines plantes (en particulier l'*oxyria* et le *taraxacum* ; voir le tableau 1 pour connaître leurs noms communs et vernaculaires). Chez d'autres, comme la *saxifraga*, la biomasse produite est inférieure à celle observée au même moment et au même endroit chez des espèces potagères tempérées. Les plantes qui poussent plus lentement dans un milieu amélioré (comme le *polygonum* et le *hedysarum)* ont probablement développé des gènes qui les empêchent de croître plus vite. Les plantes qui ne pousse pas aussi bien dans un milieu amélioré que dans la toundra, comme le *pedicularis*, sont peut-être des plantes parasites qui ont besoin d'autres plantes pour bien pousser. Quoi qu'il en soit, le *pedicularis* ne peut être cultivé avec succès.

En général, nous sommes arrivés à la conclusion que certaines plantes de la toundra (en particulier les feuillues) peuvent être cultivées avec succès. Il faudrait cependant croiser la plupart d'entre elles pour accélérer leur croissance et augmenter la production de façon à rendre leur culture plus rentable. Néanmoins, les plantes de la toundra sont des plus intéressantes, simplement par leur capacité de survivre à l'environnement rigoureux de l'Arctique (Mawson et al., 1986). Il nous faut comprendre comment elles survivent dans ce milieu si nous voulons réussir à les cultiver.

Nous n'avons pas effectué suffisamment de recherches pour déterminer s'il est possible d'améliorer la culture des baies. Les plantes fruitières transplantées de la toundra dans des serres ont passé l'hiver avec succès, dans le

Figure 3
Panneau de Green Igloos Farm avec vue des installations et du glacier d'Alexandra Fiord à l'arrière-plan.

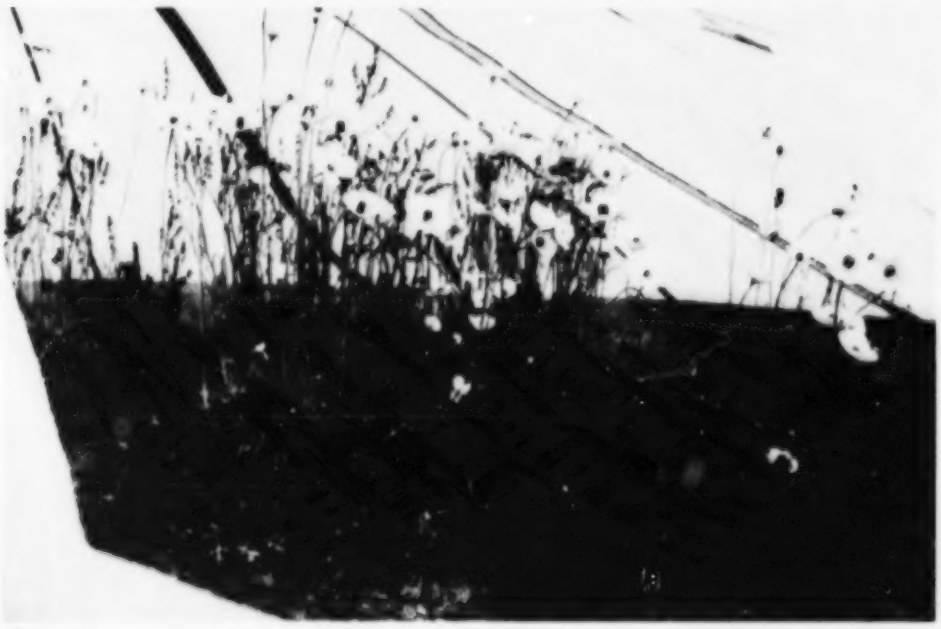

Figure 4
Pavot jaune de l'Arctique (*Papaver lapponicum*) atteignant une hauteur de 60 cm dans une serre en forme d'igloo à Alexandra Fiord, à l'été 1983. En pleine nature, cette plante n'atteint que quelques centimètres.

cadre de nos essais sur le terrain, à Rankin Inlet. Bien que leur rythme de croissance soit lent, leur culture future peut être réalisable.

Conception des installations de la culture dans l'Arctique

Bien qu'au-dessus de la ligne d'arborescence, la température moyenne en juillet soit de 10°C ou moins et que la saison de croissance soit courte (de 70 à 90 jours), les jours très longs de l'Arctique en été favorisent la croissance des plantes en permettant la photosynthèse presque 24 heures sur 24. Les vents, cependant, soufflent pratiquement sans cesse, abaissant la température des plantes et accroissant leurs besoins en eau. En plaçant les plantes à l'abri du vent sous de petites serres de plastique, nous avons réussi à faire monter la température des feuilles de 10°C en moyenne. Ce chauffage solaire a stimulé la croissance de plusieurs espèces de végétaux de la toundra et de la plupart des plantes agricoles des régions tempérées sur lesquelles nous avons effectué des essais. Nous avons construit plusieurs petites serres en utilisant des matériaux à la fois économiques et légers (pour le transport sur de longues distances), faciles à assembler et résistants au vent et à la neige (figures 5 et 6). Nous avons essayé différents types de recouvrement de plastique pour trouver le plus durable; nous cherchions aussi à réduire au minimum les ombrages et la réflection afin de capter le plus de chaleur et de lumière possible.

Nos études nous ont permis d'en arriver à trois modèles. Le premier, en forme de A, possède une base rectangulaire mesurant 1,2 m sur 2,4 m. Fait de contreplaqué et de polyéthylène, il résiste bien au vent grâce à son profil bas. Le deuxième modèle est en forme d'igloo; il s'agit d'un dôme de fibre de verre de 3 mètres recouvert de Fabrène de Dupont. Le troisième modèle est une serre-igloo de plain-pied de 6 m de diamètre. La structure est faite d'aluminium, les murs et le toit de plastique Fabrène de Dupont.

Les modèles circulaires sont particulièrement bien adaptés à l'intérieur du cercle arctique, car ils peuvent capter la lumière sous tous les angles pendant les longues journées d'été. Les dômes sont également plus stables pendant les tempêtes. Tous les recouvrements translucides que nous avons utilisés ont perdu peu à peu leur perméabilité à la lumière. Leur durée de vie utile est d'environ trois saisons, si on les entrepose correctement pendant l'hiver. Le livre *Northern Gardening* renferme un guide pratique sur les premiers modèles de serres (Harris, 1976).

Facteur sol

Le sol de la toundra est généralement très rocheux (Nowosad et Leahy, 1960), et il faut y mélanger des produits de conditionnement, de préférence à proximité de la serre. Les sablières et les tourbières sont assez nombreuses près des hameaux. Il serait sage que les collectivités qui construisent des routes, des dalles de fondation ou des pistes d'atterrissage exigent des entrepreneurs qu'ils marquent les gisements de tourbe, de sable et de terre qu'ils découvrent en cherchant du gravier de qualité construction, car ces gisements ont une grande valeur pour les futurs jardiniers de l'Arctique.

Nous avons aussi mêlé à nos sols des sédiments provenants des rives ou du fond des lacs. Cette matière organique améliore la texture, l'aération et la capacité de rétention d'eau du terreau. Nous n'avons pas jugé nécessaire d'y

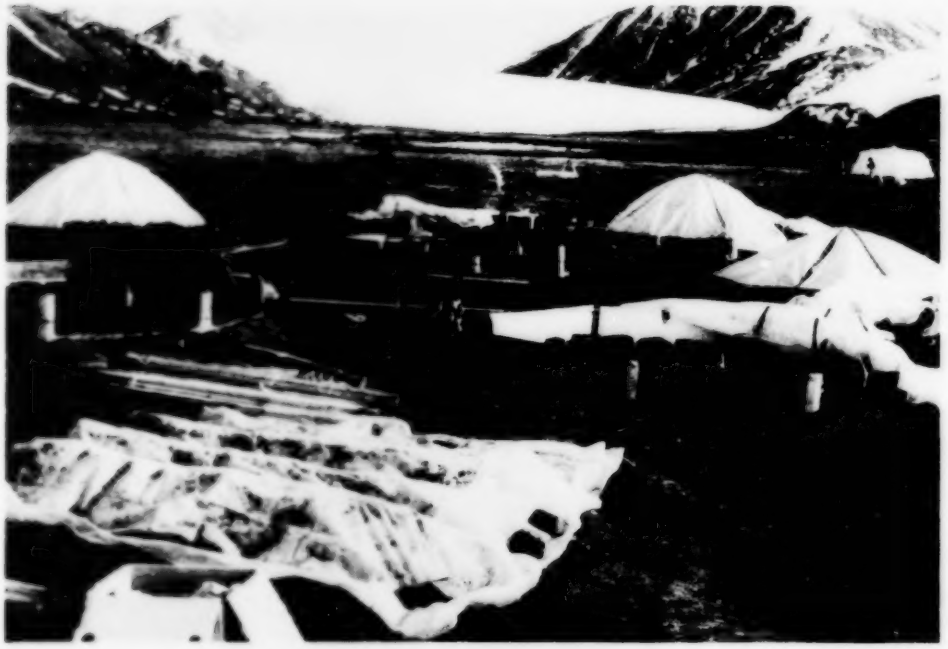

Figure 5
Vue de Green Igloos Farm faisant face au sud et les plaines littorales couvertes de glace d'Alexandra Fiord à l'arrière-plan.

Figure 6
Armatures de 40 petites serres après un été de travaux de construction au Centre de recherche et de formation arctique, à Rankin Inlet.

ajouter de la glaise. À l'exception de Rankin Inlet, peu de hameaux septentrionaux disposent de gisements de glaise à proximité.

La croissance des plantes est limitée par la basse température des racines, surtout au dessus du pergélisol. Nous avons installé des radiers de styromousse sous certaines serres pour ralentir la perte de chaleur. Cela semble particulièrement important au tout début de la saison, car on peut alors semer plus tôt. L'isolant était moins utile plus tard dans la saison. À Rankin Inlet, nous avons aménagé les serres sur des couches de gravier pour les isoler du pergélisol; ces couches assuraient également le drainage, permettant ainsi un dégel plus rapide du sol et des semis plus hâtifs. À Alexandra Fiord, le sol des plaines convenait déjà à la culture des plantes. Nous avons aménagé des plates-bandes surélevées et utilisé des «sacs de culture» rempli de terre à l'intérieur de nos serres en forme d'igloo. Les sacs de plastique noir réchauffaient davantage la terre et les racines et ont permis d'améliorer le rendement de nos légumes-racines, en particulier des pommes de terre (figure 7). L'eau utilisée pour arroser les plantes était préchauffée dans de grands contenants noirs entreposés dans les serres.

Essais sur place des légumes de serre

Pendant les étés de 1982 et 1983, nous avons semé et repiqué des plantes tempérées dans 40 petites serres rectangulaires dans nos «Jardins de Keewatin», à Rankin Inlet. Les légumes en feuilles - la laitue, les épinards, le pak choi (chou de Chine), le chou vert, les endives, les feuilles de betteraves, les échalottes, le chou-rave et la bette à corde - sont ceux qui ont le mieux poussé (figure 8). Parmi les légumes-racines qu'on a réussi à cultiver, notons les radis, les navets et les pommes de terre. Les carottes, les pois, les haricots et les courgettes nécessitent une saison de croissance plus longue et sont donc difficiles à cultiver. Le chou, les choux de Bruxelles, le brocoli et le chou-fleur sont les plus difficiles à faire pousser, parce qu'il faut les semer à l'intérieur avant de les transplanter. Les tomates et les concombres ont besoin de plus de chaleur car le froid les endommage facilement; les variétés que nous avons essayées posent un trop grand défi pour être cultivées de façon sûre dans l'Arctique.

«Green Igloos Farm», la station de recherche agricole la plus septentrionale au monde, selon nos informations, a été exploitée de 1982 à 1984 à Alexandra Fiord (79°N) sur l'Ile Ellesmere. Nous avons planté dans nos serres de 6 m et de 3 m les même légumes mis à l'essai à Rankin Inlet. Grâce à la fonte plus hâtive de la neige au fiord et du soleil de minuit estival (qui réduit les risques de gel la nuit), on a pu y commencer les semis plus tôt qu'à Rankin Inlet. Tous les légumes que nous avons essayés ont bien poussé, à l'exception des tomates et des haricots.

Nous nous sommes surtout intéressés à la culture des pommes de terre, à Green Igloos Farm. Les variétés hâtives ont donné une récolte presqu'aussi abondante que dans le sud, à condition d'appliquer légèrement plus d'engrais que la quantité recommandée sur les emballages. Certaines variétés (comme la «Yukon Gold») ont donné un bon rendement même lorsque nous les avons cultivées à l'extérieur; des sacs de platique noir servaient à retenir le terreau, tandis qu'un paillis de plastique transparent les protégeait davantage. Il est donc possible de cultiver des aliments dans des serres économiques et légères pendant les courts étés arctiques (de la mi-juin à la fin d'août). Il faut cependant

disposer à proximité d'une source d'eau et des matériaux nécessaires à la création d'un milieu de culture.

Analyse de rentabilité

Il faut considérer les coûts suivants:

Frais de démarrage :
Impôt foncier ou location du terrain
Transport de la mousse, du sable et du gravier sur place
Aménagement des lieux (main-d'oeuvre pour l'aménagement des radiers de gravier)
Préparation du sol (main-d'oeuvre pour l'amendement des sols)
Coût de la serre
Transport des serres (aérien ou maritime)
Assemblage des serres (main-d'oeuvre)
Adduction d'eau

Frais d'exploitation:
Engrais
Transport de l'engrais
Semences
Main-d'oeuvre (semis, arrosage, surveillance, récolte)
Entreposage des récoltes avant de les vendre
Frais de commercialisation (promotion et emballage)
Transport des produits agricoles vers les autres hameaux.

Avantages directs:
Pour le producteur: les légumes frais de haute qualité se vendent à fort prix dans l'Arctique.
Pour le consommateur: élimination des frais de transport liés à l'importation des légumes.

Avantages indirects:
Création d'emplois dans le Nord
Amélioration de l'alimentation grâce à des aliments qui seraient introuvables autrement
Sensibilisation accrue, dans la région, à l'importance de la qualité et de la valeur nutritive des aliments
Formation en production agro-alimentaire pour ceux qui ne pourraient en bénéficier autrement Activité enrichissante pour les passionnés de la région
Possibilités de commerce entre les hameaux
Augmentation des échanges et de la sensibilisation au sein des collectivités

Le lecteur trouvera différentes méthodes pour analyser la rentabilité d'une serre dans l'Arctique dans les ouvrages de référence énumérés à la fin du présent article. L'entrepreneur qui s'intéresse sérieusement à la culture en serre devrait lire les ouvrages des auteurs suivants: Day et Landolt, 1978; Lewis et al., 1980; Ferguson et al., 1982; Poole, 1985; Bergsma, 1986; et Roomer, 1987.

Figure 7
Jessica Thompson, adjointe technique, examine des pommes de terre poussant dans des sacs et couvertes de paillis de plastique transparent. On peut voir à l'arrière-plan une serre en forme d'igloo et le fiord Alexandra.

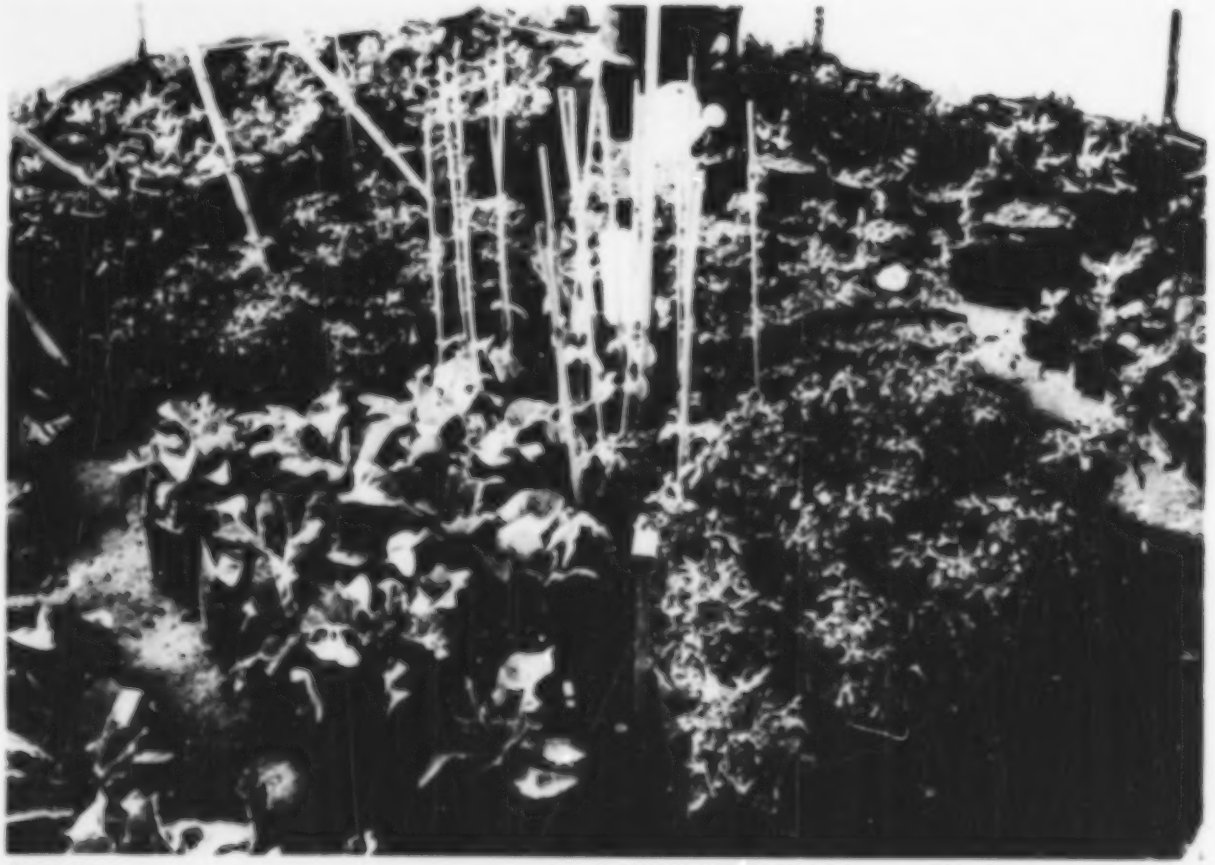

Figure 8
Il est possible de pratiquer une culture intensive dans de grandes serres-igloos de plain-pied. On peut voir de gauche à droite des choux, des brocolis, des bettes à corde, des tomates et des choux-fleurs. Les plantes sont disposées en cercle autour du centre de la structure afin de profiter au maximum du soleil.

Problèmes possibles

Au départ tout au moins, il faut qu'une personne qualifiée, expérimentée et dévouée prenne part au projet pour assurer qu'il commence sur un bon pied et qu'il puisse être mené à terme.

Le jardinage est une activité économique saisonnière qui peut entrer en conflit avec d'autres entreprises saisonnières comme la construction, la chasse et la pêche. Il se peut qu'on ne puisse pas trouver de travailleurs pour les serres au moment où on en a besoin.

Les marchés régionaux sont petits; on peut facilement les saturer avec des produits agricoles saisonniers qui perdent ainsi très rapidement leur valeur marchande. L'entreposage des produits qui ne se prêtent pas à la congélation pose un problème. Les consommateurs pourraient conserver des pommes de terres à domicile, mais l'entreposage hivernal de la plupart des légumes entraînerait des frais d'isolation et de chauffage élevés. Par contre, on pourrait blanchir certains légumes et les congeler dans des conteneurs extérieurs conçus de façon à tirer avantage du pergélisol (Copland, 1956).

Les coûts de l'énergie sont trop élevés pour que la plupart des collectivités puissent exploiter des serres à longueur d'année, car il faudrait les chauffer et les éclairer la plus grande partie de l'année.

CONCLUSION

La production agro-alimentaire à petite échelle dans les collectivités septentrionales éloignées est réalisable grâce à une technologie simple et à la culture saisonnière en serre. Il faut cependant tenir compte de la taille réduite des marchés, en particulier dans les collectivités éloignées.

On ne peut envisager d'exploiter des serres à longueur d'année que lorsque de nouvelles technologies ou des subventions permettent de réduire le coût de l'énergie destinée à l'éclairage et au chauffage. Certaines plantes de la toundra et de nombreuses espèces des régions tempérées peuvent être cultivées avec succès à Rankin Inlet (dans l'Hémiarctique) et à Alexandra Fiord (dans l'Arctique). Théoriquement, on pourrait obtenir une récolte dans la plupart des collectivités septentrionales, sinon dans toutes.

Il faudra effectuer des recherches soutenues à long terme pour mettre au point des techniques de production agricole dans le Nord, dont des petits projets pilotes semblables à celui établi à Point Inlet en 1986 (Pomer, 1986). Il faut que les équipes travaillant dans les installations soient dévouées et collaborent avec les entrepreneurs et les jardiniers amateurs de la région (figure 9). Les équipes devraient continuer de mettre au point des technologies pour l'exploitation à petite échelle et d'essayer de nouvelles plantes chaque été. Pendant la saison morte, les membres de l'équipe pourraient donner des conférences dans les collectivités du Nord et rédiger et mettre à jour des guides et dépliants à l'intention des habitants et des étudiants (figure 10).

Les collectivités devraient accorder un statut particulier aux sablières et tourbières de qualité et les conserver pour les futurs jardiniers. Les concepteurs de maisons dans le Nord devraient envisager l'incorporation de petites serres et

Figure 9
Bernadette Kanoyak, stagiaire au projet de Rankin Inlet, montre la récolte d'endives des Jardins de Keewatin.

Figure 10
Jardins de Keewatin: les élèves d'une classe de l'école élémentaire de Rankin Inlet goûtent aux produits agricoles et se familiarisent avec les techniques horticoles.

d'installations pour cultiver des plantes dans les nouvelles maisons. Ce genre d'aménagement s'intégrerait bien aux systèmes passifs de chauffage à l'énegie solaire. On pourrait ainsi étirer la saison de croissance et augmenter la production agricole à peu de frais.

W. Raymond Cummins, professeur adjoint, et Josef Svoboda, professeur, sont affiliés aux laboratoires de recherche J. Tuzo Wilson, faculté de botanique, collège Erindale, Université de Toronto, Toronto, Ontario.

Bonnie M. Bergsma a obtenu sa maîtrise en sciences au collège Erindale de l'Université de Toronto, à Toronto, Ontario, et elle consacre actuellement son temps à sa famille.

Mark J. Romer est chef du phytotron à la faculté de biologie de l'Université McGill, à Montréal, Québec.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier, pour leur appui et leurs encouragements, les organismes et services suivants: la Fondation canadienne Donner; le programme de subventions à la formation scientifique dans le Nord d'Affaires indiennes et du Nord Canada; l'Institut scientifique des Territoires du Nord-Ouest; le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada; le groupe de travail sur l'Arctique de l'Université de Toronto; le centre de recherche et de formation sur l'Arctique (exploité par l'Université de la Saskatchewan à Rankin Inlet); l'Étude du plateau continental polaire (pour le soutien logistique dans l'Arctique); la Gendarmerie royale du Canada (pour l'utilisation des installations à Alexandra Fiord); et le conseil et les habitants de Rankin Inlet, Territoires du Nord-Ouest.

BIBLIOGRAPHIE

AGRICULTURE CANADA
1981, *Développement du Nord, dans Le défi des années 80...: une s tratégie agro-alimentaire pour le Canada*, Ottawa, Agriculture Canada.

1965, *Research report for 1960-1964 of the experimental farm at Mile 1019 of the Alaska Highway Yukon Territory*, Ottawa, Agriculture Canada.

1954, *Progress report for 1 947-1953 of the dominion experimental substation at Fort Simpson*, Ottawa, Agriculture Canada.

ALBRIGHT, W.D.
1933, Crop Growth at high latitude, *Geographical Review* n°23, pp. 608-620.

ANGIER, B.
1970, Edible northern plants, *The Beaver* (hiver), pp. 21-23.

ARNASON, T., R.J. HEBDA et T. JOHNS
1981, Use of plants f or food and medicine by native peoples of eastern Canada, *Journal canadien de botanique* n°59, pp. 2189-2235.

BETTIE, K.G., W.K. BOND et E.W. MANNING
1981, *L'utilisation agricole des terres marginales: une rètrospective et une bibliographie*, publication n° EN73-4/13E, Ottawa, Inventaire des terres du Canada.

BERGSMA, B.M.
1986, *The effect of low temperatures and continuous photoperiod on the growth of the potato (Solanun tubeerosum) in the high and mid arctic, Northwest Territories, Canada*, thèse de maitrise, Université de Toronto (Toronto).

COPLAND, A.
1956, *Natural cold storage in the Canadian north*, Report 3/55, Ottawa, Defence Research Board of Canada.

DAY, D.R. et J.P. LANDOLT
1978, *Feasibility study for an arctic food producing facility*, rapport technique n°78x2, Ottawa, Defence and Civil Institute of Environmental Medicine.

FERGUSON, NAYLOR, SIMEK et CLARK LTD.
1982, *Étude de f aisabilité sur l a culture en serre*, rapport final pour La Société de développemet économique de Hay River, Ferguson, Naylor, Simek et Clark Ltd., Hay River, T.N.-O.

HAMILTON, R.J.
1958, *Substation expérimentale False River â Fort Chimo, Québec: r rapports annuels de 1955, 1956 et 1957*, Ottawa, Agriculture Canada.

HARRIS, R.E.
1976. *Northern Gardening*. publication n°1575. Ottawa. Agriculture Canada.

LEWIS, C.E., W.C. THOMASet R.A. NORTON
1960. *Controlled environment agriculture: a pilot project*. Alaska Agricultural Experiment S tation. Bulletin n°55. Université de l'Alaska. Anchorage.

MACKINNON, C.S.
1982. The rise and decline of agriculture and horticulture in the Mackenzie district and the Yukon. *Musk-ox* n°30. pp. 48-63.

MAWSON, B.T., J. SVOBODA et W.R.CUMMINS
1986. Thermal acclimation of photosynthesis by the arctic plant. *Saxifraga cernua*. *Journal canadien de botanique* n°64. pp. 71-76.

MOODLE, D.W.
1978. Gardening on Hudson Bay: the first century. *The Beaver* (été). pp. 54-59.

NOWOSAD, F.S.
1963. *Report on the possibility of Kitchen gardens and greenhouses i n t h e Keewatin region, Northwest Territories, bordering the Hudson Bay*. Ottawa. Agriculture Canada.

_____ et A. LEAHY
1960. Soils of the arctic and subarctic regions of Canada. *Agricultural Institute Review* n°15(2). pp. 49-50.

POOLE, P.
1985. *Polar solar. Report on the design, construction and installation of a greenhouse at Pond Inlet, Nortwest Territories*. Affaires indiennes et du Nord Canada. Ottawa.

RODAHL, K.
1954. Vitamin content of arctic plants. Part 3. *Transactions and proceedings of the Botanical Society of Edinburgh* n°36(4). pp. 267-277.

ROMER, M.J.
1987. Pond Inlet Gardens: A report on t he design and operation of a solar greenhouse on north Baffin Island, N.W.T., with particular reference to economic viability of vegetable production for arctic regions. Toonoonik-Sahoonik Co-op et ministère du Développement économique et du Tourisme. Pond Inlet.

1983. *The production and performance of native and temperate-crop plants in Rankin Inlet, Northwest Territories*, thèse de maîtrise, faculté de botanique, Université de Toronto, Toronto.

ROMER, M.J., W.R. CUMMINS et J. SVOBODA
1983. Productivity of native and temperate-crop plants in the Keewatin District, Northwest Territories. *Naturaliste canadien* (Rev. écol. syst.) n°110. pp. 85-93.

1981, Is there a potential for Canadian northern agriculture? A justification for research on northern native plants as potential food crops, dans *Proceedings of the first international symposium on renewable resources and the economy of the North*, édité par M.M.R. Freeman, pp. 161-165, Association universitaire canadienne d'études nordiques, Ottawa.

TURNER, N.J.
1981, A gift for the taking: the untapped potential of some food plants of North America, *Journal canadien de botanique* n°59, pp. 2331-2357.

WALKER , M.
1984, Harvesting the northern wild: a guide to traditional and contemporary uses of edible forest plants of the Northwest Territories, Yellowknife: Outcrop.

WEBB, K.
1975, Mustard sprouts tonight, sailor's delight, *North* n°22, pp. 14-17.